BRIN
BADAN RISET
DAN INOVASI NASIONAL



Editor:
Elza Surmaini
Lilik Slamet Supriatin
Yeli Sarvina

Teknologi dan Kearifan Lokal untuk Adaptasi Perubahan Iklim



Teknologi dan Kearifan Lokal untuk Adaptasi Perubahan Iklim

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Diterbitkan pertama pada 2023 oleh Penerbit BRIN

Tersedia untuk diunduh secara gratis: penerbit.brin.go.id



Buku ini di bawah lisensi Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0).

Lisensi ini mengizinkan Anda untuk berbagi, mengopi, mendistribusikan, dan mentransmisi karya untuk penggunaan personal dan bukan tujuan komersial, dengan memberikan atribusi sesuai ketentuan. Karya turunan dan modifikasi harus menggunakan lisensi yang sama.

Informasi detail terkait lisensi CC BY-NC-SA 4.0 tersedia melalui tautan: https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Editor:
Elza Surmaini
Lilik Slamet Supriatin
Yeli Sarvina

Teknologi dan Kearifan Lokal untuk Adaptasi Perubahan Iklim

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Penerbit BRIN

© 2023 Editor & Penulis

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Teknologi dan Kearifan Lokal untuk Adaptasi Perubahan Iklim/Elza Surmaini, Lilik Slamet Supriatin, & Yeli Sarvina (ed.)–Jakarta: Penerbit BRIN, 2023.

xviii hlm. + 375 hlm.; 14,8 × 21 cm.

ISBN 978-623-8372-46-1 (*e-book*)

1. Perubahan Iklim
2. Adaptasi
3. Teknologi
4. Kearifan Lokal

551.6

Editor Akuisisi & Pendamping	: Martinus Helmiawan
Copy editor	: Annisa' Eskahita Azizah
Proofreader	: Emsa Ayudia Putri & Rahma Hilma Taslima
Penata isi	: Meita Safitri
Desainer sampul	: Dhevi E.I.R. Mahelingga
Cetakan pertama	: Desember 2023

Diterbitkan oleh:
Penerbit BRIN, Anggota Ikapi
Direktorat Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah
Gedung B.J. Habibie Lt. 8, Jl. M.H. Thamrin No. 8,
Kb. Sirih, Kec. Menteng, Kota Jakarta Pusat,
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10340
Whatsapp: +62 811-1064-6770
E-mail: penerbit@brin.go.id
Website: https://penerbit.brin.go.id/
PenerbitBRIN
Penerbit_BRIN
penerbit.brin

Buku ini tidak diperjualbelikan.





Daftar Isi

Daftar Gambar vii
Daftar Tabel xi
Pengantar Penerbit xiii
Kata Pengantar xv
Prakata xvii

Bab 1 Dampak Perubahan Iklim pada Sektor Prioritas 1
Yeli Sarvina, Elza Surmaini, & Lilik Slamet Supriatin

Bab 2 Melampaui Kearifan Lokal: Dari Dekolonisasi Teknologi sampai Krisis Iklim Antroposen 23
Rangga Kala Mahaswa & Jagat Patria

Bab 3 Padi *Walik* Jerami: Kearifan Lokal Adaptasi Kekeringan pada Lahan Sawah Tadah Hujan 55
Anicetus Wihardjaka & Elisabeth Srihayu Harsanti

Bab 4 Teknologi dan Kearifan Lokal untuk Adaptasi Perubahan Iklim di Sektor Pertanian 81
Yayan Apriyana, Woro Estiningtyas, Ai Dariah, & Elsa Rakhmi Dewi

Bab 5 Solusi Adaptif Dampak Kenaikan Muka Air Laut 113
Al Mukhollis Siagian

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Bab 6 Teknologi dan Kearifan Lokal untuk Adaptasi Perubahan Iklim pada Sumber Daya Air 139
Nani Heryani, Popi Rejekiningrum, Budi Kartiwa, & Hendri Sosiawan

Bab 7 Topi Anti DBD: Inovasi Adaptasi Perubahan Iklim pada Sektor Kesehatan 173
Tri Astuti Sugiyatmi

Bab 8 Sistem Pemeliharaan Ternak Ruminansia yang Adaptif terhadap Perubahan Iklim 203
Y. Widiawati, M.I. Shiddieqy, E.S. Rohaeni, Y.N. Anggraeny, Setiasih, Wardi, Firsoni, Antonius, W.T. Sasongko, M.C. Hadiatry, S. Widodo, H. Bansi, A. Herliatika, S. Asmairicen, S. Puspito, W. Widaringsih, N. Miraya E.M.W. Andreas, & S. Riyanti

Bab 9 Kearifan Lokal dan Ekosofi (Ekologi Filosofi) untuk Perubahan Pesantren Menuju Penyelamatan Lingkungan .. 233
Darlina Kartika Rini

Bab 10 Peran Radio Komunitas sebagai Aktor Lokal dalam Rehabilitasi Kerusakan Lingkungan 263
Dede Lilis Chaerowati & Idi Subandy Ibrahim

Bab 11 Solusi Adaptasi Perubahan Iklim: Integrasi Teknologi dengan Kearifan Lokal 289
Lilik Slamet Supriatin, Elza Surmaini, & Yeli Sarvina

Glosarium 311
Tentang Editor 331
Tentang Penulis 333
Indeks 363

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Daftar Gambar

Gambar 1.1 Anomali Suhu Udara di Beberapa Kota Besar di Indonesia pada Periode 1981–2018 2
Gambar 1.2 Tren Curah Hujan di Beberapa Kota Besar Indonesia pada Periode 1981–2010..... 3
Gambar 1.3 Tren Kenaikan Muka Air Laut di Indonesia Periode 1992–2022..... 5
Gambar 1.4 Perubahan CDD (dalam %) pada Skenario RCP4.5 (Kolom Kiri) dan RCP8.5 (Kolom Kanan) terhadap Periode *Baseline* 1986–2005..... 7
Gambar 3.1 Sebaran Lahan Sawah Tadah Hujan Antarpulau di Indonesia 61
Gambar 3.2 Persemaian "Culik" pada Beberapa Hari sebelum Padi Musim Tanam Pertama Dipanen yang Umum Diterapkan di Lahan Sawah Tadah Hujan di Kabupaten Pati 65
Gambar 3.3 Budi Daya Padi *Walik* Jerami pada Lahan Sawah Tadah Hujan di Jawa Tengah 66
Gambar 4.1 Langkah-langkah dalam Membangun Fondasi yang Kuat untuk Membangun Sistem Pertanian Cerdas Iklim..... 84
Gambar 4.2 Lokasi Prioritas Ketahanan Iklim Sektor Pertanian 85
Gambar 4.3 Kalender *Pranata Mangsa*..... *92*
Gambar 4.4 *Nyabuk Gunung* untuk Menahan Erosi dan Menjaga Tanah 97
Gambar 5.1 Sebaran Wilayah Kenaikan Muka Laut (1993–2021) 119

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Gambar 5.2 *Sea Wall* (Jerman) 123
Gambar 5.3 *Mizuya* (*Raized Houses*) 124
Gambar 5.4 Rumah Desa Terapung Belanda 126
Gambar 5.5 Pendekatan Stabilitas Muka Laut 130
Gambar 6.1 Konsentrasi GRK (CO_2, CH_4, dan NO_2) di Atmosfer ... 142
Gambar 6.2 Pola Suhu Rata-Rata Tahunan di Wilayah Daratan Indonesia 143
Gambar 6.3 Penilaian Perubahan Iklim secara Statistik 145
Gambar 6.4 Model Pengembangan *Food Smart Village* 151
Gambar 6.5 Instalasi Pompa di Sungai serta Operasional *Big Gun Sprinkler* Demfarm LSTH 153
Gambar 6.6 Instalasi Saluran Distribusi Air dan Contoh Alat Penyiraman..... 154
Gambar 6.7 Desain Pengelolaan Air dan Irigasi Demfarm LKM Desa Karang Rejo, Lampung 156
Gambar 6.8 Prototipe Bangunan Air..... 157
Gambar 6.9 Panen Air Hujan di Wilayah Permukiman 159
Gambar 6.10 Desain Akuifer pada Bangunan ABSAH 161
Gambar 6.11 ABSAH yang Dikembangkan di Kabupaten Bintan dan Kota Tanjungpinang..... 161
Gambar 6.12 Rincian Pembangunan ABSAH Tahun 2019–2022 162
Gambar 6.14 Alat Siram Hemat Air Model Tangki Gendong Inovatif..... 164
Gambar 6.13 Sistem Irigasi Embung Terkoneksi Tampungan Renteng Hemat Air..... 164
Gambar 7.1 Siklus Hidup Nyamuk *Aedes aegypti*..... 179
Gambar 7.2 Grafik Jumlah Kasus dan Kasus Meninggal Akibat DBD di Kota Tarakan 2001–2013..... 188
Gambar 7.3 Peta Kerentanan DBD di Kota Tarakan..... 189
Gambar 7.4 Tangkapan Layar Berita di Media Massa terkait *Launching* TAD..... 192
Gambar 7.5 TAD: Bentuk, Proses Pembuatan, dan Instalasi TAD pada Penampungan Air 193
Gambar 8.1 Indeks Suhu dan Kelembapan Relatif untuk Sapi Perah 212
Gambar 9.1 Pesantren Agroekologi Biharul Ulum berada di kawasan hutan. 241
Gambar 9.2 Praktik Bertani di Lahan Santri Darul Fallah 244

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Gambar 9.3 Proses *Wrapping* pada Tahap Penanganan Hasil Panen 247
Gambar 9.4 Diagram *Fishbone* Posisi Pesantren Biharul Ulum, Darul Fallah, dan Al Ittifaq dalam Tahapan Proses Perubahan Pesantren 256
Gambar 9.5 Diagram *Input* dan *Output* Perubahan Sosial Kelembagaan Pesantren Pertanian Berkelanjutan 257

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.





Daftar Tabel

Tabel 3.1 Luas Lahan Sawah Tadah Hujan dan Rata-Rata Hasil Padi Gogo Rancah di Blora, Rembang, dan Pati Tahun 2018–2020 62
Tabel 3.2 Potensi Hasil Gabah dari Beberapa Varietas Padi Amfibi. 69
Tabel 3.3 Indeks Emisi dari Beberapa Varietas Padi Unggul 71
Tabel 3.4 Indeks Emisi GRK dari Beberapa Bahan Organik di Lahan Sawah Tadah Hujan 71
Tabel 3.5 Ambang Ekonomi Serangan Beberapa Hama pada Tanaman Padi 72
Tabel 4.1 Teknologi Konservasi Tanah dengan Fungsi Adaptasi dan Co-benefit Mitigasi 88
Tabel 4.2 Tanda Awal Musim dan Aktivitas Petani di Lapangan 92
Tabel 4.3 Hal yang Perlu Diperhatikan Saat Mulai Tanam Padi di Lahan Pasang Surut 98
Tabel 6.1 Umur Berbagai Jenis GRK di Atmosfer dan Dampaknya terhadap Perubahan Iklim Global 143
Tabel 7.1 Cara Pencegahan dan Pengendalian DBD 185
Tabel 7.2 Analisis SWOT terkait TAD 194
Tabel 9.1 Kearifan Lokal dalam Pesantren Pertanian 250
Tabel 9.2 Penerapan Gagasan Metode Pembelajaran di Pesantren Berdasarkan Indikator Ekosofi dan Kearifan Lokal 252

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.





Pengantar Penerbit

Tahun 2023 ini menandai babak baru bagi Penerbit BRIN karena pada tahun ini kami memulai proses penjaringan naskah dengan skema baru. Salah satu skema baru dalam penjaringan naskah tersebut adalah penjaringan naskah buku bunga rampai ilmiah. Proses penjaringan ini diawali dengan penjaringan editor untuk buku bunga rampai kemudian dilanjutkan dengan penjaringan naskah bukunya. Penjaringan naskah buku bunga rampai ini dilakukan oleh Penerbit BRIN sebagai jawaban atas kebutuhan adanya penerbitan naskah buku yang mengangkat isu-isu strategis nasional. Berdasarkan hal itu, proses penjaringan naskah buku bunga rampai pada tahun 2023 ini menyasar lima isu besar, yaitu isu kesehatan, sumber daya alam, pangan, energi, dan sosial humaniora. Setiap isu kemudian dipecah menjadi beberapa buku bunga rampai yang mengangkat topik-topik penting di ranah keilmuannya. Buku *Teknologi dan Kearifan Lokal untuk Adaptasi Perubahan Iklim* ini adalah salah satu buku bunga rampai dari hasil penjaringan tersebut dan akan fokus membahas secara detail topik moderasi beragama di Indonesia.

Perubahan iklim merupakan isu global yang telah mendapatkan perhatian khusus oleh berbagai pihak di seluruh dunia. Sebabnya tak lain adalah dampak perubahan iklim, seperti banjir, badai, kekeringan berkepanjangan, dan kenaikan muka air laut, telah memengaruhi

Buku ini tidak diperjualbelikan.

banyak sektor kehidupan masyarakat. Oleh karena itu, berbagai usaha dan langkah pencegahan telah dilakukan untuk mengurangi kerusakan yang ditimbulkan.

Buku ini secara khusus membahas dua aspek yang menjadi pilar adaptasi terhadap perubahan iklim di Indonesia, yakni teknologi dan kearifan lokal. Dari segi teknologi, Indonesia telah banyak mencapai kemajuan dan keberhasilan dalam menerapkan inovasi terbaru untuk menghadapi perubahan iklim. Sementara itu, kekayaan budaya dan tradisi Indonesia, lewat kearifan lokal di daerah masing-masing, juga menjadi kekuatan yang mampu menopang usaha masyarakat dalam melakukan adaptasi terhadap perubahan iklim.

Pembahasan dua aspek yang diangkat dalam buku ini menjadi salah satu kekuatan utama yang membuat buku ini bisa menjadi referensi bacaan yang patut diperhatikan oleh pembaca. Selain itu, bahasa yang ringan dan mudah dipahami juga membuat buku ini cocok untuk dibaca oleh berbagai kalangan masyarakat, seperti mahasiswa, akademisi, serta para pegiat lingkungan di komunitas lokalnya masing-masing.

Kehadiran buku ini diharapkan bisa memperkaya referensi bacaan seputar isu perubahan iklim. Lagi pula, dengan dukungan akses terbuka yang disediakan oleh Penerbit BRIN melalui Program Akuisisi Pengetahuan Lokal, penyebaran ilmu pengetahuan diharapkan bisa dilakukan secara merata dan bisa menjangkau semua lapisan.

Banyak pihak yang telah bekerja keras di balik penerbitan buku ini. Oleh karena itu, kami ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya pada semua pihak terkait, mulai dari editor buku, penulis, penelaah, serta Tim Penerbitan Ilmiah RMPI BRIN yang bekerja tanpa lelah menyelesaikan proses penerbitan buku ini sampai akhir.

Akhir kata, kepada pembaca, kami ucapkan selamat datang pada diskusi perubahan iklim yang mengglobal dan melokal. Selamat Membaca.

Penerbit BRIN

Buku ini tidak diperjualbelikan.





Kata Pengantar

Tak dapat dimungkiri bahwa perubahan iklim makin nyata dan banyak menimbulkan perubahan signifikan pada kondisi cuaca dan iklim ekstrem. Berbagai cara telah dilakukan, baik dengan teknologi tinggi maupun *hard engineering* yang berbiaya mahal. Namun, kita lupa bahwa pada hakikatnya alam telah terbukti mampu bertahan terhadap perubahan. Alam akan selalu menemukan jalannya sendiri. Cara alam menyesuaikan diri terhadap perubahan telah diketahui oleh nenek moyang kita yang umumnya mau belajar dan bekerja dengan alam dan kemudian diwariskan ke anak cucu melalui apa yang kita kenal dengan kearifan lokal.

Buku *Teknologi dan Kearifan Lokal untuk Adaptasi Perubahan Iklim* mencoba menggali kearifan lokal kemampuan adaptasi terhadap perubahan iklim. Dimulai dengan pemaparan fakta-fakta perubahan iklim, buku ini secara mengalir memberikan kearifan lokal adaptasi perubahan iklim pada berbagai sektor, mulai dari pesisir, pertanian, sumber daya air, dan lain-lain. Ditulis oleh para pakar di bidangnya menjadikan buku ini sebagai rujukan pengetahuan kemampuan adaptasi terhadap perubahan iklim.

Jakarta, 10 November 2023

Dr. Albertus Sulaiman, S.Si., M.Si.
Kepala Pusat Riset Iklim dan Atmosfer, BRIN

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.





Prakata

Berbagai bukti menunjukkan bahwa akibat perubahan iklim berupa kenaikan suhu, perubahan curah hujan, kenaikan muka air laut, dan kejadian iklim ekstrem telah menyebabkan dampak negatif pada berbagai sektor di Indonesia, seperti pertanian, air, kelautan dan pesisir, dan kesehatan. Dampak tersebut begitu luas dengan *magnitude* yang makin besar pada masa depan. Oleh karena itu, seluruh elemen masyarakat harus dapat meningkatkan resiliensi dan kapasitas adaptasi terhadap dampak negatif dari perubahan iklim. Adaptasi dapat berbentuk kearifan lokal, teknologi, langkah aksi, maupun kebijakan. Adaptasi juga bersifat dinamis dari waktu ke waktu mengikuti perubahan dampak dari perubahan iklim.

Buku ini mengangkat berbagai isu terkait kearifan lokal dan teknologi adaptasi di sektor pertanian, air, kelautan dan pesisir, serta kesehatan. Masyarakat sering tanpa sadar telah melakukan adaptasi berdasarkan pengalaman dan dipraktikkan secara turun-temurun. Di lain pihak, pemerintah juga mengembangkan program adaptasi yang terencana dengan memanfaatkan hasil riset dan teknologi. Kumpulan kearifan lokal masyarakat dalam beradaptasi yang praktis, sederhana, serta teknologi dan inovasi terkini yang belum banyak diangkat disajikan dalam buku ini. Buku ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai sumber literasi bagi berbagai kalangan masyarakat, seperti pelajar, mahasiswa, dosen, pemerhati lingkungan, periset, dan masyarakat

Buku ini tidak diperjualbelikan.

umum. Harapannya, berbagai kekayaan pengetahuan lokal dan teknologi tersebut akan mendukung pembangunan sumber daya manusia (SDM), terutama dalam memahami dampak perubahan iklim dan tindakan yang diperlukan dalam beradaptasi dapat diadopsi oleh masyarakat.

Penghargaan dan ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak-pihak yang telah berkontribusi dalam penulisan buku ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Penerbit BRIN yang telah memfasilitasi sehingga buku ini dapat diterbitkan. Semoga buku ini bermanfaat.

Jakarta, 24 Oktober 2023

Editor

Buku ini tidak diperjualbelikan.





Bab 1

Dampak Perubahan Iklim pada Sektor Prioritas

Yeli Sarvina, Elza Surmaini, & Lilik Slamet Supriatin

A. Perubahan Iklim: Sebuah Keniscayaan

Secara alamiah, perubahan iklim telah terjadi di lapisan biosfer sepanjang waktu dengan laju perubahan berlangsung pada kurun waktu yang panjang sehingga semua makhluk hidup dapat menyesuaikan diri melalui aklimatisasi dan adaptasi alamiah. Namun, perubahan iklim yang terjadi saat ini disebabkan oleh aktivitas manusia melalui emisi antropogenik gas rumah kaca (GRK) dengan intensitas dan laju yang terus meningkat (IPCC, 2023). Pemanasan global yang disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi GRK dan suhu permukaan bumi telah menyebabkan perubahan iklim yang memberikan dampak yang kompleks pada semua sektor kehidupan manusia.

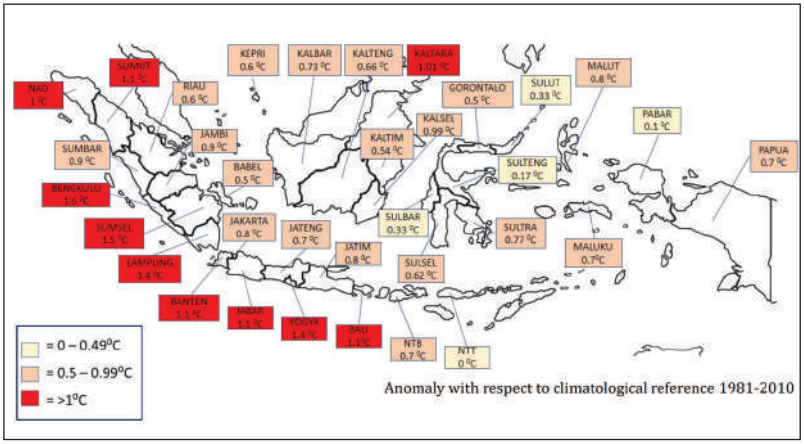
Y. Sarvina*, E. Surmaini, & L. S. Supriatin
Badan Riset dan Inovasi Nasional, *e-mail: yeli002@brin.go.id

© 2023 Editor & Penulis
Sarvina, Y., Surmaini, E., & Supriatin, L. S. (2023). Dampak perubahan iklim pada sektor prioritas. Dalam Elza Surmaini, Lilik Slamet Supriatin, & Yeli Sarvina (Ed.), *Teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim* (1–21). Penerbit BRIN.
DOI: 10.55981/brin.901.c716 E-ISBN: 978-623-8372-46-1

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Penggunaan bahan bakar fosil, pembukaan hutan, dan pengelolaan lahan adalah sumber emisi antropogenik utama yang meningkatkan konsentrasi GRK. Setiap tahunnya, 30 miliar ton CO_2 dilepaskan ke atmosfer dan panas/bahang yang dikembalikan ke permukaan bumi makin besar. Bukti dan data ilmiah menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi GRK telah menyebabkan pemanasan sistem bumi-atmosfer dan berdampak pada perubahan sistem iklim di berbagai wilayah di dunia. Perubahan iklim tersebut menyebabkan fenomena cuaca dan iklim ekstrem berubah, baik dari segi frekuensi maupun intensitasnya. Hal ini berpotensi menimbulkan dampak buruk yang signifikan pada sektor prioritas, yaitu sektor pertanian, air, kesehatan, serta kelautan dan pesisir (Kementerian PPN/Bappenas, 2021).

Dampak negatif yang telah mendisrupsi sektor-sektor tersebut adalah naiknya suhu rata-rata bumi-atmosfer, perubahan pola dan distribusi curah hujan, kenaikan muka laut, dan peningkatan frekuensi serta intensitas bencana hidrometeorologis.



Sumber: Sopaheluwakan (2020)

Gambar 1.1 Anomali Suhu Udara di Beberapa Kota Besar di Indonesia pada Periode 1981–2018

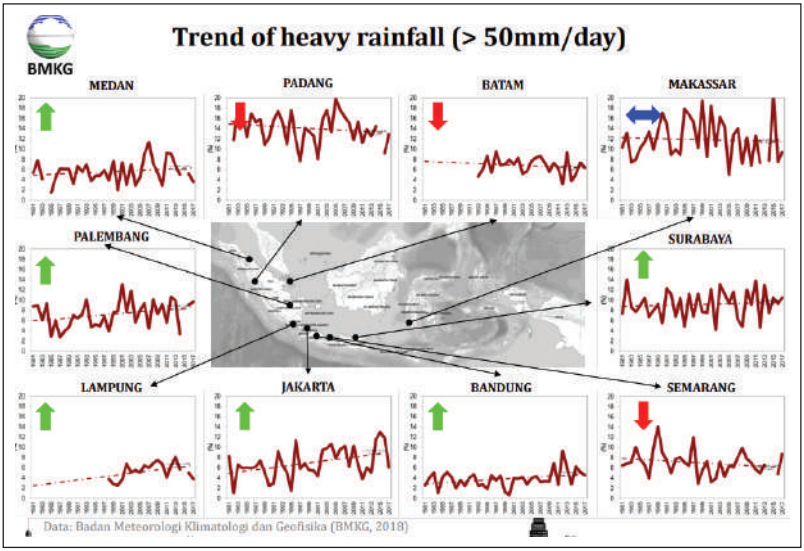
Buku ini tidak diperjualbelikan.

1. Suhu Udara

Salah satu indikator yang menunjukkan telah terjadi perubahan iklim di Indonesia adalah kenaikan suhu udara. Pada Gambar 1.1, dapat dilihat data suhu udara historis Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dari tahun 1981–2018. Dari data tersebut, terlihat kenaikan dengan kisaran 0,03°C setiap tahunnya, baik suhu minimum, maksimum, maupun rata-rata. Oleh karena itu, diperkirakan dalam kurun waktu 30 tahun, Indonesia akan mengalami kenaikan suhu sebesar 0,9°C (Sopaheluwakan, 2020). Suhu udara di Indonesia diproyeksikan terus meningkat dengan peningkatan 0,2–0,3°C per dekade dan proyeksi peningkatannya sebesar 0,9–2,2°C pada akhir tahun 2060 serta 1,1–3,2°C pada tahun 2100.

2. Curah Hujan

Secara rata-rata, total curah hujan tahunan meningkat 12% selama 30 tahun terakhir. Kondisi berbeda terlihat untuk curah hujan pada



Sumber: Sopaheluwakan (2020)

Gambar 1.2 Tren Curah Hujan di Beberapa Kota Besar Indonesia pada Periode 1981–2010

Buku ini tidak diperjualbelikan.

musim kemarau (Juli–September) yang menunjukkan tren penurunan sekitar 4,8%. Ini mengindikasikan musim kemarau yang makin kering. Perubahan curah hujan menunjukkan pola yang berbeda, yaitu terjadi peningkatan curah hujan di bagian utara wilayah Indonesia, sedangkan sebaliknya, di bagian selatan menunjukkan tren penurunan. Secara umum, terjadinya peningkatan curah hujan pada musim hujan menunjukkan musim hujan yang makin basah. Awal musim hujan mundur sampai 20 hari pada periode 1991–2003 apabila dibandingkan periode 1960–1990, sedangkan musim kemarau lebih maju 10–60 hari. Tren curah hujan di beberapa kota besar Indonesia pada periode 1981–2010 ditunjukkan pada Gambar 1.2.

3. Kenaikan Muka Laut

Secara global, muka laut naik dengan kisaran 0,44–0,74 m pada akhir abad ke-21. Pada skenario medium, kenaikan muka laut mencapai 6,1 mm/tahun. Kenaikan ini akan berdampak terhadap 81 ribu km garis pantai Indonesia dan lebih dari 60% penduduk Indonesia yang tinggal di pesisir pantai (Le Bars dkk., 2017). Selain itu, National Oceanic and Aerospaces Administration (NOAA, 2023), mengestimasi bahwa Indonesia mengalami kenaikan muka laut setinggi 4,6±0,4 mm/tahun pada periode 1992–2022 (Gambar 1.3). Kenaikan tertinggi terdapat di pantai utara Papua yang mencapai 10–12 mm/tahun, sedangkan yang terendah terdapat di Pulau Jawa bagian selatan, bagian barat Sumatra, bagian selatan Nusa Tenggara, dan Selat Karimata, yang berkisar 2–4 mm/tahun (Nababan dkk., 2015; Sofian dkk., 2013).

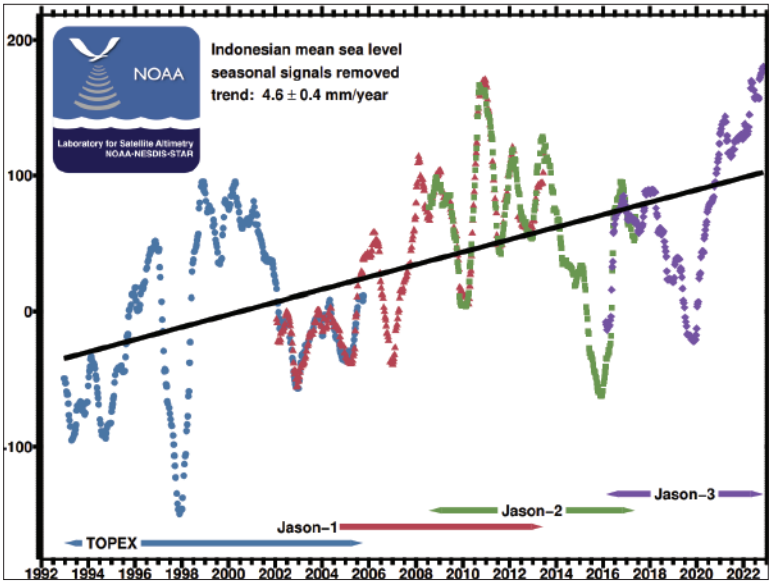
Indonesia tercatat sebagai negara yang rentan terhadap kenaikan muka laut karena Indonesia memiliki garis pantai yang sangat panjang dan populasi pesisir tertinggi kelima di dunia. Kenaikan muka air laut menyebabkan hilangnya lahan pertanian subur di pesisir akibat inundasi dan peningkatan salinitas yang memengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman, terutama pada musim kemarau di mana air irigasi terbatas. Konsentrasi penduduk, kegiatan ekonomi, dan lahan-lahan sawah utama Indonesia sebagian besar berada di wilayah pesisir yang rentan. Lahan sawah yang terancam hilang merupakan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

penopang utama produksi pangan Indonesia berlokasi di pantai utara Jawa; pantai timur Sumatra; pantai selatan, timur, dan barat Kalimantan; pantai barat Sulawesi; dan daerah rawa di pantai selatan dan barat Papua (Förster dkk., 2011). Hasil kajian Aldrian dkk. (2022) menyebutkan bahwa pada skenario RCP 8.5 dengan kenaikan muka laut 1 m untuk tahun 2100, diproyeksikan sekitar 134.509 ha lahan sawah di pesisir pantai (51% berlokasi di Pulau Jawa) akan tergenang. Kondisi tergenang ini akan menurunkan kualitas hidup masyarakat perkotaan dan merupakan kerugian ekonomi yang sangat besar.

4. Iklim Ekstrem

Dampak lain dari perubahan iklim adalah peningkatan frekuensi dan intensitas iklim ekstrem (Seneviratne dkk., 2023). Kejadian iklim ekstrem, antara lain suhu ekstrem, hujan ekstrem, banjir (banjir sungai,



Sumber: NOAA (2023)

Gambar 1.3 Tren Kenaikan Muka Air Laut di Indonesia Periode 1992–2022

Buku ini tidak diperjualbelikan.

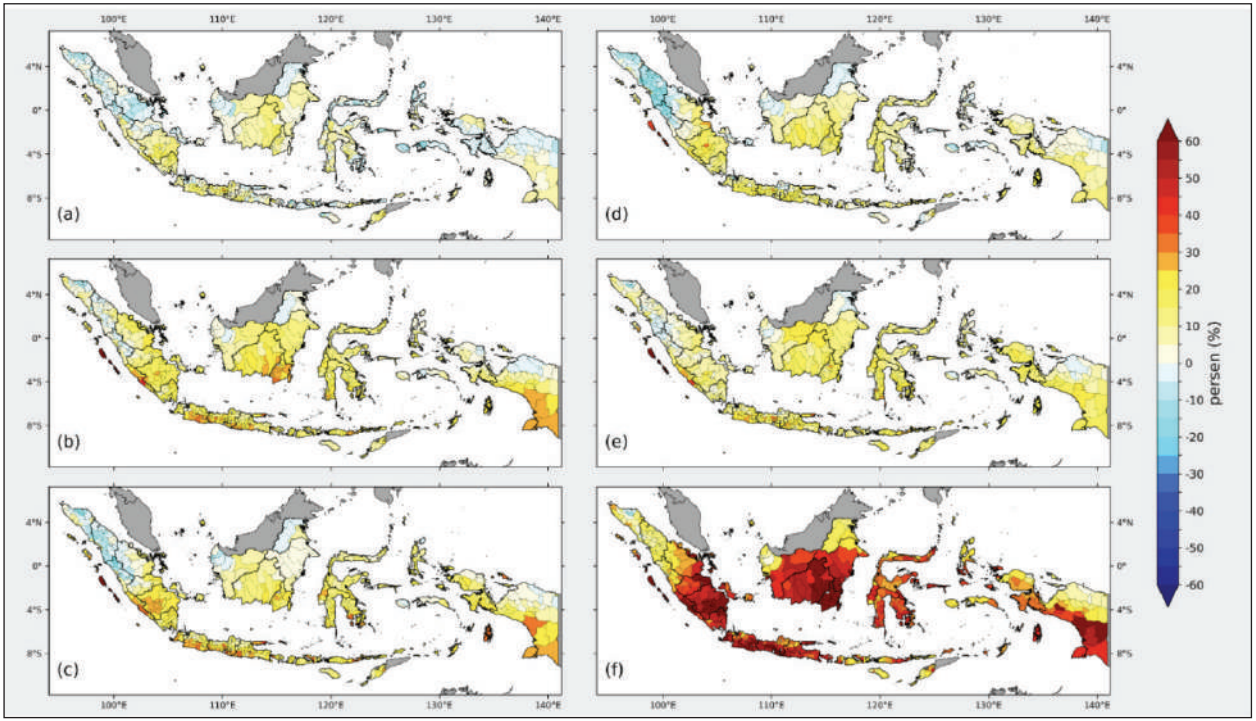
rob, dan banjir bandang), kekeringan, dan badai (gelombang tinggi dan siklon). Data dekade terakhir menunjukkan tren peningkatan curah hujan dan suhu ekstrem untuk wilayah Asia termasuk Indonesia (Choi dkk., 2009; Endo dkk., 2009; Supari dkk., 2017). Kejadian iklim ekstrem ini diproyeksikan akan terus meningkat (Ngai dkk., 2022; Supari dkk., 2020). Hasil kajian Aldrian dkk. (2022) menunjukkan bahwa, baik dengan skenario *Representative Concentration Pathway* 4.5 (RCP 4.5) maupun dengan skenario RCP8.5, deret hari kering pada masa depan akan bertambah panjang yang mengindikasikan kondisi iklim makin kering (Gambar 1.4).

Perubahan pola curah hujan, peningkatan suhu udara, dan kejadian iklim ekstrem di Indonesia telah menyebabkan peningkatan bencana iklim, baik frekuensi kejadian, intensitas, maupun dampak kerugiannya. Kejadian iklim ekstrem menyebabkan kerugian hampir pada semua sektor kehidupan manusia, seperti pertanian (Surmaini & Faqih, 2016), perikanan dan kelautan (Rahman dkk., 2023), transportasi (Ningsih dkk., 2023), dan kesehatan (Haryanto dkk., 2020).

B. Sektor Prioritas Terdampak

Perubahan iklim berdampak secara substansial pada berbagai dimensi kehidupan manusia dan dampak ini terus meluas yang menyebabkan kerugian pada kehidupan manusia. IPCC (2023) membagi dampak tersebut ke dalam empat kategori, yaitu ketersediaan air dan sistem produksi pangan, kesehatan, kota, permukiman, dan insfrastruktur, serta biodiversitas dan ekosistem. Indonesia sebagai salah satu negara yang rentan terhadap dampak perubahan iklim telah mengidentifikasi beberapa dampak perubahan iklim pada sektor prioritas, yaitu sektor pertanian, air, kesehatan, serta kelautan dan pesisir. Hal itu telah dituangkan dalam RPJMN 2020–2024 pada agenda ke enam, yaitu Membangun Lingkungan Hidup, Meningkatkan Ketahanan Bencana, dan Perubahan Iklim (Kementerian PPN/Bappenas, 2019). Peningkatan ketahanan iklim menjadi tujuan pembangunan jangka panjang menengah 2020–2024 yang tertuang dalam RPJMN 2020–2024. Dalam

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Keterangan: (a, d) Periode proyeksi *near-term*; (b, e) Periode proyeksi *mid-term*; (c, f) Periode proyeksi *long-term*
Sumber: Aldrian dkk. (2022)

Gambar 1.4 Perubahan CDD (dalam %) pada Skenario RCP4.5 (Kolom Kiri) dan RCP8.5 (Kolom Kanan) terhadap Periode *Baseline* 1986–2005

Publikasi tidak diperjualbelikan.

RPJMN tersebut disebutkan bahwa peningkatan ketahanan iklim dilaksanakan dengan mengimplementasikan Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim (RAN-API) pada sektor-sektor prioritas, melalui (1) Perlindungan Kerentanan Pesisir dan Sektor Kelautan, baik berupa penguatan infrastruktur adaptasi berbasis ekosistem, penyadartahuan masyarakat, pengembangan teknologi, maupun diversifikasi mata pencaharian masyarakat pesisir; (2) Perlindungan Ketahanan Air pada Wilayah Berisiko Iklim, melalui peningkatan penyediaan pasokan air baku dan perlindungan terhadap daya rusak air; (3) Perlindungan Ketahanan Pangan terhadap Perubahan Iklim; serta (4) Perlindungan Kesehatan Masyarakat dan Lingkungan dari Dampak Perubahan Iklim.

1. Sektor Pertanian

Semua proses dan kegiatan sistem produksi pertanian baik dari hulu sampai ke hilir sangat bergantung pada kondisi cuaca dan iklim sehingga perubahan pada unsur iklim dan cuaca akan berdampak pada sistem pertanian. Perubahan iklim secara nyata telah memengaruhi sistem pertanian Indonesia, baik langsung maupun tidak langsung, pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Dampak langsung perubahan iklim di antaranya ialah peningkatan konsentrasi CO_2, suhu, dan curah hujan. Perubahan tersebut berdampak pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Dampak tidak langsungnya, antara lain ketersediaan air, kandungan organik, erosi, perubahan serangan hama dan penyakit, kemunculan spesies invasif, dan berkurangnya daerah yang sesuai karena penurunan wilayah pesisir dan penggurunan (disertifikasi lahan).

Dampak perubahan suhu udara pada sistem pertanian banyak dikaji melalui fenologi tanaman, yaitu ilmu yang mempelajari fase-fase pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Setiap komoditas pertanian memiliki karakteristik fenologi yang berbeda-beda. Fenologi ini dijadikan indikator yang paling sensitif dan akurat untuk melihat pengaruh perubahan iklim terutama peningkatan suhu udara terhadap komoditas pertanian. Dampak lain dari peningkatan suhu udara ialah peningkatan serangan organisme pengganggu tanaman

Buku ini tidak diperjualbelikan.

(OPT). Perubahan iklim telah menyebabkan peningkatan luasan serangan hama dan penyakit tanaman di Indonesia (Susanti dkk., 2018). Dampak lainnya ialah munculnya hama dan penyakit dominan baru.

Perubahan curah hujan, baik intensitas maupun polanya, menyebabkan perubahan masa tanam dan awal musim tanam. Panjang masa tanam dan awal tanam sangat penting dalam pertanian tanaman semusim. Perubahan panjang masa tanam menyebabkan perubahan pola tanam. Penurunan produktivitas terjadi karena kegiatan budi daya dilakukan pada kondisi lingkungan yang kurang optimum dan risiko kehilangan hasil diakibatkan oleh bencana iklim yang makin tinggi. Pada tanaman perkebunan yang sebagian besar merupakan tanaman tahunan, perubahan pola dan intensitas curah hujan ini dapat menyebabkan penurunan produktivitas, pergeseran musim berbunga dan panen, serta perubahan tingkat kesesuaian lahan.

Pengaruh kenaikan suhu udara, curah hujan, dan peningkatan CO_2 terhadap produksi padi di Indonesia secara simultan dengan menggunakan beberapa pemodelan iklim telah dilakukan (Kinose dkk., 2020). Peningkatan suhu udara berdampak pada produksi padi dengan proyeksi penurunan mencapai 30%. Perubahan produksi yang disebabkan perubahan curah hujan berkisar 0–5%. Lain halnya dengan peningkatan CO_2 sampai batas tertentu yang diproyeksikan justru akan dapat meningkatkan produksi padi. Hal ini dapat terjadi karena proses fotosintesis pada tanaman akan meningkat seiring dengan peningkatan kadar CO_2 di atmosfer. Namun, peningkatannya hanya berkisar 0–10% yang tidak sebanding dengan kehilangan hasil karena peningkatan suhu udara. Lebih lanjut, proyeksi produksi dengan mengombinasikan perubahan konsentrasi CO_2, peningkatan suhu udara, dan perubahan curah hujan, Indonesia secara rata-rata akan mengalami penurunan produksi sebesar 12,1%.

2. Sektor Pesisir dan Kelautan

Dampak perubahan iklim yang paling nyata dirasakan di wilayah pesisir adalah kenaikan muka laut. Kenaikan muka laut telah menye-

Buku ini tidak diperjualbelikan.

babkan bencana seperti banjir akibat pasang surut (banjir rob), erosi, abrasi, sedimentasi pantai, serta hilangnya populasi mangrove yang berguna sebagai penahan gelombang dan pelindung pantai. Dampak jangka panjang kenaikan muka laut ialah dapat menenggelamkan daratan. Khusus untuk negara kepulauan seperti Indonesia, peristiwa ini dapat menyebabkan hilangnya pulau-pulau kecil. Kenaikan muka laut juga memberikan dampak ekologis melalui intrusi air laut dan evaporasi kolam garam. Kondisi lahan dan kualitas air yang berubah mengakibatkan kerusakan ekosistem pesisir. Intrusi air laut secara nyata menyebabkan peningkatan kadar garam dan pH air tanah. Hal ini menyebabkan kerusakan pada kualitas tanah dan air.

Perubahan iklim juga berdampak pada cuaca ekstrem yang menyebabkan perubahan arah dan kecepatan angin ekstrem dan tinggi gelombang sehingga sering menimbulkan badai. Perubahan ini menyebabkan terjadinya perubahan rantai makanan pada ekosistem laut, berubahnya musim ikan, serta berpindahnya *fishing ground*. Hal ini berdampak secara ekonomi pada masyarakat yang mengandalkan kehidupan dan mata pencahariannya pada kawasan pesisir dan laut. Gelombang tinggi dan cuaca ekstrem menyebabkan nelayan tidak melaut sehingga tidak mendapatkan penghasilan. Bagi nelayan yang sudah melaut pun, hasil tangkapannya makin berkurang dan bahkan kondisi tersebut dapat mengancam keselamatan nelayan.

Secara sosial dan ekonomi, dampak perubahan iklim pada masyarakat di wilayah pesisir adalah berkurangnya pendapatan nelayan karena bergesernya *fishing ground* dan musim ikan serta adanya kerusakan terumbu karang yang menyebabkan populasi ikan makin berkurang. Biaya operasional penangkapan makin meningkat karena banyaknya kerusakan yang diakibatkan oleh badai dan gelombang tinggi. Hal ini menyebabkan profesi nelayan mulai ditinggalkan sehingga terjadi pergeseran mata pencaharian pada sektor lain yang lebih menjanjikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

3. Sektor Kesehatan

Dampak perubahan iklim pada sektor kesehatan sangat kompleks. Haryanto dkk. (2020) menguraikan beberapa mekanisme bagaimana perubahan iklim berdampak pada sektor kesehatan, antara lain sebagai berikut.

1) Perubahan suhu dan curah hujan berdampak pada siklus kehidupan penyebab penyakit dan/atau spesies yang merupakan pengantar penyakit pada manusia. Perubahan temperatur dan curah hujan ini dapat berdampak pada proses reproduksi, umur hidup, penyebaran, dan hal lain yang berdampak pada kehidupan manusia yang terkena penyakit.
2) Perubahan suhu udara dan curah hujan akan berdampak pada sektor pertanian dan pangan yang dapat meningkatkan risiko gagal panen dan kekurangan gizi yang berkonsekuensi pada berbagai macam permasalahan kesehatan.
3) Perubahan curah hujan menyebabkan perubahan siklus hidrologi yang berdampak pada ketersediaan air bersih dan sanitasi. Hal ini akan dapat menyebabkan peningkatan risiko *water-borne disease*.
4) Kejadian iklim ekstrem menyebabkan kerusakan pada permukiman dan sarana-sarana umum lainnya yang menyebabkan kerusakan fisik pada tubuh manusia, kehilangan pendapatan, stres, dan berbagai dampak kesehatan lainnya.

4. Sektor Air

Air merupakan komponen utama bagi kehidupan. Pertumbuhan jumlah penduduk, peningkatan kebutuhan domestik, dan industri mengakibatkan kebutuhan dan persaingan untuk mendapatkan air makin tinggi yang sering menyebabkan konflik, baik di level individu, kelompok, komunitas masyarakat, dan bahkan antarsektor. Perubahan iklim yang ditandai dengan peningkatan suhu udara dan perubahan pola curah hujan menyebabkan berubahnya siklus hidrologi. Perubahan siklus hidrologi ini membawa dampak pada

Buku ini tidak diperjualbelikan.

ketersediaan air, kualitas air, distribusi spasial dan temporal, serta adanya peningkatan bencana yang disebabkan oleh air, seperti banjir, longsor/erosi, badai, dan kekeringan.

Peningkatan suhu udara menyebabkan peningkatan evaporasi. Perubahan nilai evaporasi ini, lebih lanjut, menyebabkan perubahan surplus dan defisit sumber daya air yang ditunjukkan oleh nilai selisih antara curah hujan (P) dan evaporasi (E). Nilai P - E negatif menunjukkan defisit dan sebaliknya, nilai positif menunjukkan surplus sumber daya air. Secara global, pada masa yang akan datang, dunia mengalami defisit sumber daya air. Nilai limpasan permukaan juga diproyeksikan meningkat di sebagian besar wilayah dunia. Peningkatan nilai limpasan permukaan ini menjadi ancaman risiko bencana hidrologi berupa erosi dan banjir (Kirtman dkk., 2013).

Total ketersediaan air Indonesia saat ini 690 × 109 m^3/tahun, sedangkan total permintaan air adalah 175 × 109 m^3/tahun. Data ini menunjukkan bahwa dari segi volume, Indonesia masih surplus air, tetapi permasalahan utama sumber daya air di Indonesia adalah distribusi ketersediaan air yang tidak merata, baik secara spatial maupun temporal. Secara spasial, Pulau Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara Timur (NTT) adalah wilayah yang sudah hampir mengalami defisit air, sedangkan pulau lain, seperti Kalimantan, Papua, dan Sumatra, memiliki surplus air yang cukup besar. Distribusi temporal menunjukkan kelimpahan pada musim hujan, sedangkan pada musim kemarau sebagian besar wilayah mengalami defisit sumber daya air. Oleh karena itu, perlu dikembangkan berbagai teknologi untuk memanen dan menyimpan air pada musim hujan. Air hujan yang jatuh di daratan harus dapat ditahan agar tidak terus bermuara ke laut.

C. Pentingnya Adaptasi Perubahan Iklim

Adaptasi menjadi sangat penting untuk keberlanjutan sistem kehidupan di permukaan bumi ini. Adaptasi diartikan sebagai tindakan menyesuaikan diri untuk antisipasi dampak perubahan iklim dengan tujuan meringankan dampak buruk yang dihadapi. Kegiatan adaptasi diharapkan dapat meningkatkan resiliensi terhadap dampak negatif

Buku ini tidak diperjualbelikan.

dari perubahan iklim. Adaptasi dapat melebarkan daya tahan (*coping rate*). Adaptasi terencana diperlukan untuk meminimalisasi dampak kerugian dan memanfaatkan keuntungan akibat dari *residual impact* tersebut. Kemampuan suatu sistem untuk melakukan penyesuaian terhadap perubahan iklim termasuk variabilitas iklim dan iklim ekstrem guna mengurangi dampak dan potensi bahaya disebut dengan kemampuan adaptasi.

Adaptasi dapat berbentuk teknologi, langkah aksi, maupun kebijakan. Adaptasi juga dapat dilakukan dalam berbagai konteks dan dimensi, antara lain sosial, ekonomi, teknologi, biofisik, dan politik, serta bersifat dinamis dari waktu ke waktu mengikuti perubahan dampak dari perubahan iklim. Pemerintah Indonesia telah menyusun sejumlah kebijakan dan Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim (RAN-API). Kebijakan dan rencana aksi di tingkat nasional tersebut perlu diterjemahkan oleh daerah sehingga program-program yang dilaksanakan dapat selaras dan saling mendukung.

Hal lain yang sangat penting dalam adaptasi perubahan iklim adalah kearifan lokal. Menurut Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Pasal 1, kearifan lokal diartikan sebagai nilai-nilai luhur yang berlaku dalam tatanan kehidupan masyarakat, antara lain melindungi dan mengelola hidup secara lestari. Kearifan lokal memiliki peran sentral dalam upaya adaptasi terhadap perubahan iklim di Indonesia. Indonesia dengan lanskap geografis yang beragam memiliki pengetahuan lokal yang terakumulasi selama beberapa generasi yang telah menjadi kunci dalam mengatasi tantangan iklim yang makin kompleks. Praktik-praktik pertanian berkelanjutan, pengelolaan hutan adat, dan sistem penanggulangan bencana lokal merupakan contoh nyata dari kearifan lokal ini (Kinose dkk., 2020). Dalam menghadapi tantangan perubahan iklim, sangat penting untuk mengintegrasikan teknologi dan kearifan lokal dalam perencanaan dan pelaksanaan strategi adaptasi. Hal ini akan memastikan bahwa upaya adaptasi tidak hanya efektif, tetapi juga memperkuat keberlanjutan budaya dan ekologi di tingkat lokal (daerah).

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Berdasarkan penjelasan tersebut, buku ini disusun untuk mengangkat berbagai teknologi adaptasi dan kearifan lokal pada sektor prioritas RPJMN 2020–2024, yaitu sektor pesisir dan kelautan, ketersediaan sumber daya air, pertanian dan pangan,serta kesehatan. Buku ini juga disusun untuk menggali sistem komunikasi dan pendidikan yang ada di masyarakat untuk meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap perubahan iklim. Pengumpulan teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim ini menjadi sangat penting untuk disebarluaskan sehingga teknologi-teknologi adaptasi dan kearifan lokal adaptasi perubahan iklim yang ada dapat diadopsi oleh masyarakat yang lebih luas.

D. Uraian Isi Buku

Buku ini terdiri dari sebelas bab. Bab I merupakan bab pengantar singkat yang menguraikan latar belakang mengapa teknologi dan kearifan lokal adaptasi perubahan iklim sangat penting. Pada bab ini, antara lain diuraikan fakta ilmiah perubahan iklim Indonesia yang dapat dilihat dari kenaikan suhu udara, perubahan pola dan intensitas curah hujan, kenaikan muka laut, dan kejadian iklim ekstrem. Bab ini juga membahas dampak perubahan iklim pada sektor pertanian, kelautan dan perikanan, sumber daya air, dan kesehatan. Pada bagian akhir bab ini dijelaskan mengapa teknologi dan kearifan lokal adaptasi perubahan iklim sangat penting untuk keberlanjutan pembangunan Indonesia.

Bab II berisi telaah filosofis kearifan lokal di mana kearifan lokal harus dipandang sebagai pengetahuan dinamis dan harus dipahami secara kontekstual. Setiap wilayah lokal memerlukan teknologi yang sesuai dengan kebutuhan, nilai tradisi, dan konteks kewilayahan sehingga diperlukan lokalisasi pengetahuan dan teknologi. Kearifan lokal yang ada perlu diapresiasi, dikritisi, dan ditelusur ulang agar terbebas dari bias kepentingan tertentu.

Bab III mengangkat sistem *walik* jerami untuk menghindari kekeringan lahan sawah tadah hujan. *Walik* jerami merupakan salah satu kearifan lokal pada sistem budi daya padi di Jawa Tengah. Ke-

Buku ini tidak diperjualbelikan.

keringan menjadi isu yang paling banyak dibahas dalam dampak perubahan iklim pada sektor pertanian sehingga salah satu upaya adaptasi perubahan iklim pada sektor pertanian adalah pengembangan teknologi untuk mengatasi kekeringan. Kearifan lokal *walik* jerami ini sangat relevan untuk diangkat sebagai salah satu kearifan lokal adaptasi perubahan iklim.

Sementara itu, berbagai teknologi dan kearifan lokal adaptasi perubahan iklim pada sektor pertanian lainnya dibahas dalam Bab IV. Bab ini mengangkat secara komprehensif teknologi adaptasi perubahan iklim sektor pertanian, di antaranya pengelolaan bahan organik, konservasi tanah, pengelolaan hara, dan pengelolaan tanaman. Kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim yang diangkat dalam artikel ini adalah kearifan lokal dalam penentuan waktu tanam, kearifan lokal pengelolaan air, dan kearifan lokal pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT). Beberapa kearifan lokal dalam penentuan waktu tanam, di antaranya *pranata mangsa*, *palontara*, *ngaseuk*, *sawah rintak*, dan *sawah surung*. Kearifan lokal dalam pengelolaan air, antara lain subak, *nyabuk gunung*, *budaya pamali*, pemanfaatan gerakan pasang surut air, *keujreun blang*, sawah surjan, padi ratun, pembuatan selokan dalam, dan *kobekolo*. Tiga kearifan lokal pengendalian OPT yang diangkat adalah pemanfaatan predator dan penanaman tanaman refugia, penggunaan *Trichoderma* spp., dan pengendalian penyakit dengan ekstrak binahong.

Bab V mengungkap teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim pada sektor kelautan, khususnya adaptasi terhadap kenaikan muka laut. Bab ini menyajikan fakta-fakta kenaikan muka laut dan dampaknya pada kehidupan masyarakat pesisir. Teknologi yang diangkat dalam bab ini adalah teknologi-teknologi dari beberapa negara kepulauan, yaitu Jepang, Jerman, Belanda, dan sebagainya. Teknologi-teknologi tersebut sangat relevan dengan kondisi Indonesia sebagai negara kepulauan. Pada bab ini juga diangkat teknologi "Chi A Gian" sebagai sebuah terobosan adaptasi kenaikan muka laut. Chi A Gian didesain berbentuk kapal selam dan digagas dengan sistem kerja untuk membekukan air laut di Antarktika dan Greenland serta menormalisasi gletser yang telah mencair. Cara kinerjanya, yaitu kapal

Buku ini tidak diperjualbelikan.

selam didesain dengan fitur penyerap tenaga laut sebagai energi untuk menghasilkan pembekuan terhadap air laut. Artinya, teknologi ini tetap ramah lingkungan dan tidak berkontribusi terhadap pemanasan global.

Bab VI menyajikan tinjauan teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim pada sumber daya air. Bab ini diawali dengan pembahasan dampak perubahan iklim di Indonesia terhadap sumber daya air melalui indikator penting terjadinya perubahan iklim pada sumber daya air dan melalui pemodelan dampak perubahan iklim pada sumber daya air. Teknologi adaptasi perubahan iklim yang diangkat dalam bab ini, antara lain *food smart village* dan teknologi pengelolaan air dan irigasi pada berbagai tipe agrosistem lahan. Kearifan lokal untuk adaptasi sumber daya air yang diulas adalah kearifan lokal panen air untuk irigasi pertanian, domestik, dan pulau-pulau kecil. Bab ini dilengkapi dengan studi kasus pengembangan teknologi irigasi hemat air di Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah.

Teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim pada bidang kesehatan diulas pada Bab VII. Bab ini mengulas tentang Topi Anti DBD (TAD) sebagai strategi adaptasi perubahan iklim terhadap infeksi dengue di daerah rawan air bersih, yaitu Tarakan, Kalimantan Utara. Masyarakat di wilayah ini terbiasa menampung air hujan untuk kebutuhan domestik karena wilayah ini memiliki keterbatasan ketersediaan air bersih. Namun, penampungan air tersebut berisiko meningkatkan jentik nyamuk yang berdampak pada peningkatan kasus demam berdarah.

Teknologi dan kearifan lokal adaptasi perubahan iklim sektor pertanian selanjutnya dilengkapi dengan teknologi dan kearifan lokal pada subsektor peternakan, khususnya peternakan ruminansia pada Bab VIII. Bab ini menguraikan dampak perubahan iklim pada peternakan dan berbagai teknologi berbasis kearifan lokal untuk adaptasi ternak ruminansia yang dibagi dalam beberapa bagian, antara lain teknologi terhadap perubahan respons fisiologis karena perubahan iklim serta teknologi pendukung adaptasi perubahan iklim, seperti genetik/*breeding*, lingkungan pemeliharaan, kesehatan, dan penyakit.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Bab ini juga dilengkapi dengan upaya penumbuhan kesadaran dan kepedulian peternak terhadap perubahan iklim.

Bab IX berisi pembahasan peran penting pendidikan dalam penumbuhan kepedulian dan kesadaran adaptasi perubahan iklim. Bab ini mengulas peran pendidikan pesantren untuk perubahan sosial dalam penyelamatan lingkungan dan adaptasi perubahan iklim. Artikel ini mengangkat studi kasus di tiga pesantren di Provinsi Jawa Barat. Kearifan lokal dan ekosofi dalam bentuk fikih lingkungan dalam kurikulum pesantren menjadi titik fokus bab ini. Fikih lingkungan sangat penting untuk pemeliharaan lingkungan berkelanjutan bagi generasi muda pesantren. Pesantren adalah lembaga pendidikan Islam yang khas dan asli Indonesia. Ia tidak hanya berperan sebagai lembaga pendidikan, tetapi juga berperan sebagai lembaga sosial dan penyebaran agama. Artikel tentang peran pendidikan pesantren dalam menumbuhkan kesadaran perubahan iklim dan penyelamatan lingkungan masih jarang dibahas dan masih terbatas.

Bab X ditujukan untuk membangun kesadaran masyarakat tentang penyelamatan lingkungan dan perubahan iklim melalui radio komunitas. Radio komunitas merupakan aktor lokal dalam menghadapi krisis iklim dan lingkungan. Komunikasi melalui radio komunitas menjadi sarana penyampaian informasi perubahan iklim dan penyelamatan lingkungan. Radio dibangun dengan semangat kebersamaan komunitas dalam penumbuhan kesadaran masyarakat. Radio komunitas dapat digunakan dengan mudah dan sangat efektif dalampenyampaian informasi pada skala desa. Radio ini juga dapat digunakan untuk menyampaikan informasi *real time* dan akurat terkait kondisi yang pada wilayah setempat.

Akhirnya, pada Bab XI diulas catatan penutup dari seluruh bab-bab pada buku ini untuk mempertajam kembali teknologi dan kearifan lokal adaptasi perubahan iklim. Catatan akhir dari bab ini mengungkapkan bahwa sudah sejak zaman dahulu masyarakat Indonesia telah memiliki teknologi tradisional yang disebut dengan teknik budi daya dan kearifan lokal yang bertujuan untuk kelestarian lingkungan walaupun pada saat itu, teknologi dan kearifan lokal belum

Buku ini tidak diperjualbelikan.

ditujukan untuk adaptasi terhadap dampak perubahan iklim. Peran dari lembaga penelitian dan perguruan tinggi untuk mengangkat teknik budi daya dan kearifan lokal yang dimiliki oleh setiap daerah di Indonesia menjadi pengetahuan tingkat dunia atau sains atau cabang dari ilmu yang telah ada sebelumnya ialah melalui penelitian dan kajian ilmiah yang lebih mendalam. Integrasi antara teknologi dan kearifan lokal akan menjadi solusi yang efektif dalam adaptasi perubahan iklim. Bab ini ditutup dengan beberapa rekomendasi penting adaptasi perubahan iklim.

Referensi

Aldrian, E., Surmaini, E., Marwanto, S., Apriyana, Y., Maftu'ah, E., Pramudia, A., Fanggidae, Y. R., Supari, Syafrianno, A. A., Khoir, A. N., Chandrasa, G. T., Muharsyah, R., Suradi, Perdinan, Anggraeni, L., Adi, R. F., Tjahjono, R. E. P., Infrawan, D. Y. D., & Sulistyowati, D. (2022). *Dampak perubahan iklim terhadap sektor pertanian Indonesia: Fokus komoditas padi dan kopi (arabika dan robusta)*. PI-AREA.

Choi, G., Collins, D., Ren, G., Trewin, B., Baldi, M., Fukuda, Y., Afzaal, M., Pianmana, T., Gomboluudev, P., Huong, P. T. T., Lias, N., Kwon, W. T., Boo, K. O., Cha, Y. M., & Zhou, Y. (2009). Changes in means and extreme events of temperature and precipitation in the Asia-Pacific Network region, 1955–2007. *International Journal of Climatology*, *29*(13), 1906–1925. https://doi.org/10.1002/joc.1979

Endo, N., Matsumoto, J., & Lwin, T. (2009). Trends in precipitation extremes over Southeast Asia. *Sola*, *5*, 168–171.

Förster, H., Sterzel, T., Pape, C. A., Moneo-Lain, M., Niemeyer, I., Boer, R., & Kropp, J. P. (2011). Sea-level rise in Indonesia: On adaptation priorities in the agricultural sector. *Regional Environmental Change*, *11*(4), 893–904. https://doi.org/10.1007/s10113-011-0226-9

Haryanto, B., Lestari, F., & Nurlambang, T. (2020). Extreme events, disaster, and health impact in Indonesia. Dalam R. Akhtar (Ed.), *Extreme weather events and human health* (227–245). Springer.

IPCC. (2023). Summary for policymakers. Dalam Core Writing Team, H. Lee, & J. Romero (Ed.), *Climate change 2023: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (1–34). https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Kementerian PPN/Bappenas. (2019). *Rencana pembangunan jangka menengah nasional 2020–2024*.

Kementerian PPN/Bappenas. (2021). *Daftar lokasi & aksi ketahanan iklim*.

Kinose, Y., Masutomi, Y., Shiotsu, F., Hayashi, K., Ogawada, D., Gomez-Garcia, M., Matsumura, A., Takahashi, K., & Fukushi, K. (2020). Impact assessment of climate change on the major rice cultivar ciherang in Indonesia. *Journal of Agricultural Meteorology*, *76*(1), 19–28. https://doi.org/10.2480/agrmet.D-19-00045

Kirtman, B., Power, S. B., Adedoyin, J. A., Boer, G. J., Bojariu, R., Camilloni, I., Doblas-Reyes, F. J., Fiore, A. M., Kimoto, M., Meehl, G. A., Prather, M., Sarr, A., Schär, C., Sutton, R., van Oldenborgh, G. J., Vecchi, G., & Wang, H. J. (2013). Near-term climate change: Projections and predictability. Dalam T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, & P. M. Midgley (Ed.), *Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter11_FINAL.pdf

Le Bars, D., Drijfhout, S., & de Vries, H. (2017). A high-end sea level rise probabilistic projection including rapid Antarctic ice sheet mass loss. *Environmental Research Letters*, *12*(4). https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa6512

Nababan, B., Hadianti, S., & Natih, N. M. N. (2015). Dinamika anomali paras laut perairan Indonesia. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, *7*(1), 259–272.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2023). *Laboratory for satellite altimetry/sea level rise: Regional sea level time series: Indonesian*. Diakses 30 September, 2023, dari https://www.star.nesdis.noaa.gov/socd/lsa/SeaLevelRise/slr/slr_sla_int_keep_txj1j2_90.pdf

Ngai, S. T., Juneng, L., Tangang, F., Chung, J. X., Supari, S., Salimun, E., Cruz, F., Ngo-Duc, T., Phan-Van, T., Santisirisomboon, J., & Gunawan, D. (2022). Projected mean and extreme precipitation based on bias-corrected simulation outputs of CORDEX Southeast Asia. *Weather and Climate Extremes*, *37*. https://doi.org/10.1016/j.wace.2022.100484

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Ningsih, N. S., Azhari, A., & Al-Khan, T. M. (2023). Wave climate characteristics and effects of tropical cyclones on high wave occurrences in Indonesian waters: Strengthening sea transportation safety management. *OceanandCoastal Management*, *243*. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106738

Rahman, M. S., Huang, W. C., Toiba, H., Putritamara, J. A., Nugroho, T. W., & Saeri, M. (2023). Climate change adaptation and fishers' subjective well-being in Indonesia: Is there a link? *Regional Studies in Marine Science*, *63*. https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.103030

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. (2009). https://peraturan.bpk.go.id/Details/38771/uu-no-32-tahun-2009

Seneviratne, S. I., Zhang, X., Adnan, M., Badi, W., Dereczynski, C., Di Luca, A., Ghosh, S., Iskandar, I., Kossin, J., Lewis, S., Otto, F., Pinto, I., Satoh, M., Vicente-Serrano, S. M., Wehner, M., & Zhou, B. (2023). Weather and climate extreme events in a changing climate. Dalam V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (Ed.), *Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of working group I to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (1513–1766). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009157896.013

Sofian, I., Wijanarto, A., & Karsidi, A. (2013). Estimating the steric sea level rise in Indonesian seas using an oceanic general circulation model. *International Journal of Geoinformatics*, *9*(3). https://www.researchgate.net/publication/278031767

Sopaheluwakan, A. (2020). *Projection of climate change in Indonesia : Preliminariy analysis for the Bengawan Solo River* [Bahan paparan dalam Orientation Seminar on Climate Change Adaptation: In the Pilot Case of Solo River Basin]. https://www.pwri.go.jp/icharm/special_topic/20200319_indonesia/06_Ardhasena%20Sopaheluwkan.pdf

Supari, Tangang, F., Juneng, L., & Aldrian, E. (2017). Observed changes in extreme temperature and precipitation over Indonesia. *International Journal of Climatology*, *37*(4), 1979–1997. https://doi.org/10.1002/joc.4829

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Supari, Tangang, F., Juneng, L., Cruz, F., Chung, J. X., Ngai, S. T., Salimun, E., Mohd, M. S. F., Santisirisomboon, J., Singhruck, P., PhanVan, T., Ngo-Duc, T., Narisma, G., Aldrian, E., Gunawan, D., & Sopaheluwakan, A. (2020). Multi-model projections of precipitation extremes in Southeast Asia based on CORDEX-Southeast Asia simulations. *Environmental Research*, *184*. https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109350

Surmaini, E., & Faqih, A. (2016). Kejadian iklim ekstrem dan dampaknya terhadap pertanian tanaman pangan di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, *10*(2), 115–128.

Susanti, E., Surmaini, E., & Estiningtyas, W. (2018). Parameter iklim sebagai indikator peringatan dini serangan hama penyakit tanaman. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 12(1), 59–70.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.





Bab 2

Melampaui Kearifan Lokal: Dari Dekolonisasi Teknologi sampai Krisis Iklim Antroposen

Rangga Kala Mahaswa & Jagat Patria

A. Merefleksikan Krisis Iklim

Dampak destruktif perubahan iklim telah menjadi salah satu wacana paling populer yang diperbincangkan publik dunia di abad ke-21. Keterbukaan sistem teknologi informasi dan komunikasi saat ini juga mendorong munculnya aktivis perubahan iklim dalam ruang digital secara kolektif dan masif. Masyarakat menyuarakan permasalahan iklim tidak hanya berdasarkan basis pertukaran data informasi, tetapi juga melalui pengalaman yang tersituasikan oleh adanya krisis itu sendiri. Masalah lainnya juga tak luput dari para penyintas iklim (*climate survivors*) dan pencari suaka iklim (*climate refugees*) dalam rangka mendapatkan keadilan ekologis.

R. K. Mahaswa* & J. Patria
Universitas Gadjah Mada, *e-mail: mahaswa@ugm.ac.id

© 2023 Editor & Penulis
Mahaswa, R. K. & Patria, J. (2023). Melampaui kearifan lokal: dari dekolonisasi teknologi sampai krisis iklim antroposen. Dalam Elza Surmaini, Lilik Slamet Supriatin, & Yeli Sarvina (Ed.), *Teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim* (23–53). Penerbit BRIN. DOI: 10.55981/brin.901.c717, E-ISBN: 978-623-8372-46-1

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Indonesia sebagai negara kepulauan dengan sumber daya alam yang berlimpah ruah, tentu saja, secara tidak langsung juga turut memiliki andil dalam perubahan iklim. Selain itu, kekayaan alam ini juga mendorong pertumbuhan multikulturalitas sosiokultural masyarakatnya. Di sisi lain, di berbagai pertemuan tingkat tinggi internasional, sorotan tajam para representatif negara yang selalu menarasikan "janji" akan implementasi kebijakan pembangunan berkelanjutan berbasis komunitas, dipertanyakan ulang. Terlepas dari peran aktif masyarakat Indonesia ketika merespons masalah rezim iklim baru saat ini, tantangan tersembunyi lainnya muncul, yakni tentang masyarakat lokal terdampak krisis perubahan iklim beserta konsekuensi pengetahuan ekologis lainnya.

Di tengah-tengah krisis iklim yang tidak menentu, teknologi modern dianggap menjadi "penyelamat" atas segala masalah yang ditimbulkan oleh kemajuan teknologi itu sendiri. Selain itu, ada sejumput semangat untuk mengembalikan nilai-nilai luhur yang arif dan bijaksana dikarenakan dampak dari modernitas dan globalisasi. Ibaratnya, meromantisasi pengetahuan lampau untuk menyelesaikan masalah iklim global pada masa depan. Sementara itu, menurut penulis, dua pandangan tersebut menjadi "naif" dan cenderung terkesan hanya berhenti sebagai medium pelarian (*escaping room*) di mana permasalahan secara riil atas krisis iklim tampaknya menjadi makin kabur.

Mengapa demikian? Ketika pertanyaan filosofis diajukan pada konteks ini maka dapat ditarik pertanyaan perihal, yaitu (1) apakah krisis perubahan iklim berdampak pada pengalaman ekologis dan pengetahuan teknologis manusia tentang konsep keberlanjutan dan ramah lingkungan? atau (2) apakah krisis iklim ini juga berdampak terhadap eksistensi kebudayaan asli, nilai kearifan lokal dari masyarakat adat itu sendiri? Pendekatan yang berbeda ini ditunjukkan dengan maksud memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang situasi relasional antara krisis iklim dan ketahanan masyarakat lokal yang tidak dipisahkan satu sama lain.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Indonesia diberkahi dengan adanya keberagaman perspektif kearifan lokal. Akan tetapi, perlu ditegaskan kembali, di level global aspek perubahan iklim tidak lagi memandang status wilayah geografis tertentu sebab semuanya sangat mungkin terdampak. Keserentakan dampak yang dialami oleh masyarakat perkotaan, perdesaan, pesisir, dan adat akan selalu setara dalam kerangka realitas krisis sebagai ancaman dan bencana, tetapi menjadi pembeda pada aspek pengetahuan terhadap krisis itu sendiri tergantung dari lanskap kehidupan yang dihuni. Artinya, krisis ini tidak lagi memandang status dan kelas sosial tertentu, begitu juga aspek sosiologis maupun geografis masyarakat di dalamnya. Oleh karena itu, analisis tulisan ini lebih banyak menekankan pada pendekatan refleksi filosofis kritis dengan mengulas beberapa kajian pustaka sebagai argumentasi pendukung yang disertai dengan hasil pembuktian data empiris sederhana yang relevan.

Adapun struktur tulisan ini terbagi menjadi beberapa poin utama pembahasan. Subbab pertama membahas tentang tantangan masyarakat lokal di tengah-tengah krisis iklim Antroposen. Antroposen (*The Anthropocene*) adalah wacana epos baru geologi yang memosisikan aktivitas massal antropogenik manusia saat ini telah memengaruhi struktur global geologis. Menurut Zalasiewicz dkk. (2021), pemilihan "Antroposen" dengan A kapital merepresentasikan penjelasan geologi dan konsep skala waktu geologi, sedangkan "antroposen" hanya untuk interpretasi yang lebih luas atau nongeologi. Sementara itu, pada pembahasan ini, penulis tetap mempertahankan argumentasi Antroposen (A kapital) dengan mengasumsikan bahwa dampak perubahan sosio-ekologis yang signifikan terhadap masyarakat lokal saat ini dapat dipertimbangkan dari sudut pandang geologis.

Subbab kedua dan ketiga menjelaskan hambatan dan tantangan perihal pandangan lama tentang "kemahakuasaan" teknologi modern sebagai solusi atas segala masalah keberlanjutan ekologis beserta proyeksi "romantisasi" semu tentang wawasan kearifan lokal "statis" dalam merespons masalah krisis iklim. Artinya, keduanya perlu dilampaui atau dikritisi ulang dengan cara menawarkan pendekatan alternatif yang lebih tepat ketika membaca isu ketidakpastian krisis

Buku ini tidak diperjualbelikan.

perubahan iklim. Selanjutnya, penulis menawarkan tiga konsep alternatif untuk mengkritisi ulang pandangan keberlanjutan dalam teknologi modern. Tujuannya untuk menegaskan pentingnya memikirkan ulang aspek lokalitas implementasi teknologi yang relatif beragam. Perlawanan atas universalisasi teknologi untuk menyelesaikan segala masalah ini menjadi tawaran sekaligus tantangan dalam mempertimbangkan ketahanan pengetahuan lokal ataupun teknologi tradisional saat merespons perubahan zaman.

Terakhir, tulisan ini ditutup dengan menawarkan refleksi kritis tentang mempertanyakan ulang tantangan yang mungkin akan terjadi di tengah-tengah ancaman perubahan iklim global, yaitu sejauh mana kebijaksanaan dalam bingkai kearifan lokal dapat bertahan ketika berhadapan dengan ambang batas krisis. Hal ini perlu untuk ditegaskan kembali menyangkut resiliensi masyarakat Indonesia ketika menghadapi krisis risiko Antroposen yang makin acak (*random*), tidak terduga (*unpredictable*), dan memiliki ketidakpastian (*uncertainty*). Usaha-usaha melampaui kearifan lokal, dalam arti tertentu, bukan berarti meninggalkan segala pengetahuan dan pengalaman lokalitas semata, tetapi sikap kritis dan bijaksana untuk lebih berani ketika menganalisis sejauh mana relevansi kearifan lokal bertahan dalam menghadapi ancaman perubahan iklim pada masa depan.

B. Tantangan Masyarakat Lokal di Antara Krisis Iklim Antroposen

Pandangan awam terkait masyarakat adat lokal sering kali dipahami hanya sebagai pilar keseimbangan ekologis dalam rangka menjaga keberlangsungan hubungan antara manusia dan alam. Masyarakat lokal dianggap memiliki kapabilitas pengetahuan ekologis yang kuat disertai daya tangguh adaptif terhadap perubahan alam yang telah terjadi selama ratusan tahun (Magni, 2017). Pengetahuan lokal ini diwariskan umumnya secara lisan (*oral tradition*) atau dalam bentuk petuah, potongan tulisan, dan cerita-cerita keseharian secara turun-temurun (Bruchac, 2014). Seolah-olah dunia-kehidupan (*life-world*) yang masyarakat lokal jalani selalu sama dan bersinergi layaknya

Buku ini tidak diperjualbelikan.

pandangan hidup warisan luhur terdahulu. Secara relasional-fenomenologis, pendekatan untuk memaknai kearifan lokal hanya menjadikannya sebagai puspa ragam pedoman cara untuk hidup, sikap ramah-tamah, dan menjunjung tinggi hormat atas kehidupan yang lain, terutama benda tak hidup, terlebih lagi yang hidup. Lantas, pandangan ini diadaptasi secara turun-temurun dengan perspektif ekuilibrium yang stabil, bahwa relasi esensial antara manusia dan alam yang ideal ialah tentang kesetaraan dalam harmonisasi.

Meskipun demikian, kerusakan ekologis yang berasal dari krisis perubahan iklim telah mengubah pandangan atau nilai yang telah bertahan selama puluhan bahkan ratusan tahun. Percepatan Luar Biasa (*The Great Acceleration*) ikut andil mengubah struktur geologis alam dan mengakselerasi keterbukaan sistem masyarakat dunia (Steffen dkk., 2015). Selama proses globalisasi pasca-Perang Dunia II, terjadi titik balik perubahan berskala global di mana lintas pertukaran ilmu pengetahuan dan teknologi (iptek), komunitas ekonomi, identitas sosial budaya, dan ideologi politik makin kompleks tak terarah. Tidak hanya itu, percepatan globalisasi juga mendorong pertukaran emisi gas rumah kaca (GRK), polusi, dan limbah yang bermigrasi melintasi benua. Seluruh perputaran ini tampaknya bergerak seperti halnya metabolisme dalam organisme. Namun, jika merujuk pada konteks perubahan iklim, organisme ini seperti halnya tubuh institusi organisasi sosial yang berkuasa. Ia dapat mengatur pendistribusian energi sumber daya alam dalam rangka menopang sistem kemasyarakatan sosial (Di Gregorio dkk., 2019).

Secara ilmiah, proses krisis iklim dapat dijelaskan dengan memahami dampak dari efek rumah kaca dan penggunaan bahan bakar fosil yang berdampak pada meningkatnya suhu dunia. Meningkatnya suhu dunia mampu memengaruhi kehidupan dan ekosistem bumi (Pittock, 2009). Menurut kacamata sosiologi, krisis merupakan bagian dari risiko global yang berdampak pada struktur sosiologis masyarakat dunia. Penyebabnya adalah aktivitas penggunaan bahan bakar fosil oleh manusia secara masif dan pengalihfungsian lahan atas dasar percepatan pembangunan sosial (Klinenberg dkk., 2020). Secara psikologis, krisis iklim mengubah persepsi kesadaran ekologis

Buku ini tidak diperjualbelikan.

manusia, seperti memunculkan rasa "kecemasan" ekologis dan ketakutan atas masa depan yang buruk (Adams, 2020). Berdasarkan perspektif filosofis, krisis iklim justru membuka wacana baru tentang kritisisme atas hubungan lebih sekadar antara manusia, dunia-kehidupan, dan alamnya, termasuk dampak puncak modernitas, dari humanisme menuju pascahumanisme (Williston, 2021).

Adapun tantangan masyarakat lokal di dalam krisis iklim Antroposen setidaknya terbagi menjadi dua kategori. Kategori pertama ialah tentang aspek fisik-material, berupa arsitektur, peninggalan artefak kebudayaan, sistem sosiokultural, dan teknologi tradisional (Smith dkk., 2023). Kategori kedua lebih terkait dengan aspek pengetahuan asli (Reyes-García dkk., 2023).

Pada kategori pertama dapat ditinjau secara material tentang aspek ketahanan rancang bangun arsitektur masyarakat adat ketika bersentuhan dengan perubahan ekstrem yang disebabkan oleh krisis iklim Antroposen. Kondisi yang tidak menentu akibat perubahan iklim ini telah mengubah struktur bangunan kuno atau artefak lama. Hal ini disebabkan adanya percepatan pelapukan bahan material teknologi sebagai penyangga konstruksi karena adanya peningkatan muka laut, hujan asam, polusi udara, dan iklim ekstrem (kemarau, hujan, atau pancaroba) yang berkepanjangan.

Selain itu, kategori kedua menandai adanya interupsi bagi pengetahuan lokal ketika bersentuhan dengan keadaan krisis yang sepenuhnya berbeda. Krisis iklim telah mengubah pengalaman sekaligus pengetahuan ekologis masyarakat lokal. Masyarakat lokal harus berhadapan dengan ketidakpastian lingkungan hidup yang lantas mendeterminasi putusan-putusan kehidupan masyarakat lokal. Masyarakat lokal harus menelaah ulang pandangan yang selama ini diwariskan secara "stabil" menjadi pengetahuan baru yang lebih aktual untuk menyesuaikan perubahan krisis yang ada, mulai dari pergeseran pemetaan wilayah layak huni, keterbatasan lanskap sumber daya alam, ketidakpastian kosmologi ruang-waktu dalam sistem agraria, sampai kepunahan multispesies lokal.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Aliansi Masyarakat Adat Nusantara (AMAN) menekankan bahwa hutan adat di Indonesia memiliki peran yang sangat besar dalam menjaga karbon sebesar 32,7 gigaton. Meskipun demikian, Presiden Joko Widodo dalam pidatonya di Konferensi Perubahan Iklim ke-21 (COP 21) di Paris, Prancis, pada 2015, menekankan bahwa hutan adat berkontribusi menyimpan 20% karbon hutan tropis dunia, paradoksnya, partisipasi dan praktik hidup masyarakat adat dalam menangani krisis iklim masih belum maksimal. Keberadaan masyarakat lokal saat ini terancam oleh berbagai konflik yang melibatkan perampasan lahan, eksploitasi sumber daya alam, dan pelanggaran hak-hak masyarakat adat lainnya (Mustika, 2022). Di sisi lain, fenomena perubahan iklim ekstrem telah terjadi hampir di seluruh dunia, termasuk di Indonesia.

Pada awal Mei 2023, hampir sebagian besar warga masyarakat Indonesia mengeluh dengan adanya gelombang suhu panas yang terjadi. Menurut BMKG (2023), sumber dari suhu panas ini disebabkan oleh fenomena El Niño yang berpotensi membuat kemarau panjang di tahun 2023. Kemarau panjang ini diperkirakan akan menyebabkan kekeringan di sebagian besar wilayah Indonesia. Dampak terbesarnya adalah penurunan produksi pangan dan krisis pasokan air bersih. Selain itu, kemarau panjang juga berisiko menyebabkan kebakaran hutan dan lahan, terutama di wilayah Sumatra, Kalimantan, dan Papua (Budianto, 2023).

Sebagai negara kepulauan tropis, Indonesia menjadi salah satu negara yang sangat rentan akan dampak kenaikan suhu. Indonesia berada di urutan ketiga dengan jumlah penduduk yang paling banyak terdampak atas kenaikan suhu global, dilanjutkan India dan Nigeria (Lenton dkk., 2023). Posisi geografis juga memengaruhi cuaca ekstrem yang makin meningkat, mulai dari banjir pasang dan rob yang berdampak banyak di bagian pesisir utara Jawa (Ley, 2021). Penurunan muka tanah makin memperparah pengendalian kenaikan muka laut yang disebabkan oleh pemanasan global. Masyarakat lokal yang tinggal di wilayah paling terdampak akan lebih merasakan perubahan iklim yang makin ekstrem setiap harinya. Masyarakat tersebut harus beradaptasi dengan perubahan yang begitu cepat, mulai dari anti-

Buku ini tidak diperjualbelikan.

sipasi degradasi lingkungan, penurunan unsur hara tanah, abrasi, kenaikan muka laut, dan konflik kepentingan sosial budaya lainnya yang menghantui.

C. Janji "Keberlanjutan"' Teknologi Modern

Teknologi modern dianggap sebagai "penyelamat" manusia atas krisis yang terjadi. Sayangnya, pandangan ini hanya berlaku jika teknologi diasumsikan sebagai kerangka pemikiran mengenai modernisasi ekologi (*modernization ecology*) (Foster, 2012). Teknologi modern diyakini mampu mengatasi dan bahkan memperbaiki seluruh kerusakan ekologis yang telah terjadi. Seolah-olah semua terapan teknologi berlaku universal untuk menjalankan proyek "keberlanjutan" di antara ketidakpastian krisis perubahan iklim.

Pertanyaan lebih lanjut, apakah benar bahwa janji keberlanjutan (*sustainability*) teknologi modern dapat dipertahankan dengan konteks perubahan pemikiran masyarakat lokal yang makin pluralistik? Tentu ada dua jalan mempertimbangkannya. Pertama, menyoroti korelasi antara teknologi berkelanjutan dan agensi manusia dengan cara memosisikan bahwa teknologi tidak hanya sekadar alat atau instrumen, tetapi juga sebagai teknik yang dapat digunakan untuk mencapai tujuan keberlanjutan. Artinya, teknologi berkelanjutan bukanlah bentuk pemaksaan arah tujuan politik teknologi tertentu, melainkan sudah seharusnya diarahkan untuk merancang bagaimana model demokratisasi pengembangan serta distribusi teknologi.

Diskursus ini sebenarnya diawali ketika retorika tentang keberlanjutan dicanangkan oleh sidang Majelis Umum PBB tahun 1987 yang berbunyi "Pembangunan berkelanjutan adalah pembangunan yang memenuhi kebutuhan masa kini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri" (Burton, 1987). Wacana keberlanjutan artinya berpusat pada manajemen, perencanaan, dan kontrol untuk memastikan kebutuhan masa kini terpenuhi tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang (Jerez, 2021). Jika ditelusuri lebih lanjut, permasalahannya kemudian tidak semua perencanaan jangka panjang memberikan ruang atas

Buku ini tidak diperjualbelikan.

masyarakat lokal atau setidaknya menilik ulang hubungan multistabil antara fungsi dan struktur dalam artefak teknologis.

Kedua, apa yang dipahami sebagai "keberlanjutan" hanya berlaku ketika fungsi instrumentasi teknologis dapat digunakan sesuai dengan sumber daya alam dan fungsinya di kehidupan sehari-hari. Beberapa abad lalu, digunakan batu bara karena mengetahui fungsi dari penggunaan mesin uap, lalu digunakan mesin pendingin dengan memasang freon, atau digunakan minyak tanah sebagai sumber bahan bakar dari kompor. Namun, kondisi ini tidak bertahan lama karena dianggap tidak menekankan aspek "keberlanjutan" dari keterbatasan sumber alam sehingga hari ini ditemukan inovasi baru penggunaan sumber daya yang lebih ramah lingkungan, begitu seterusnya. Logikanya kemudian, jika teknologi yang berkelanjutan memiliki aspek keterbatasan tertentu, bagaimana dengan krisis lingkungan yang tidak berpijak pada ketahanan fungsi teknis dari keberlanjutan teknologi? Respons atas gagasan keberlanjutan bagaimanapun juga selalu hadir dan diadopsi sebagai sebuah motivasi etis atau etos tertentu dalam mengembangkan teknologi. Semangat pengembangan teknologi ini dikenal dengan istilah teknologi *bioinspired*, teknologi yang dikembangkan terinspirasi dari alam yang selalu berkelanjutan dalam menjaga siklusnya. Benyus (2009) dan Mathews (2011) menyebut bahwa proyeksi *sustainability* merupakan cara untuk bertahan hidup di tengah-tengah keterbatasan kodrat manusia atas pengelolaan alam.

Hal ini menunjukkan bahwa yang dimaksud dengan teknologi *bioinspired* menjadi bentuk penyelarasan aktivitas manusia dan teknologi dengan metabolisme alam dengan cara meniru (*mimicking*) alam dari bentuk apa pun untuk menjadikan tiruan artifisial teknologis sehingga dapat selaras dengan kerja alam (Zwart, 2019). Tentunya kesadaran ini hanya terjadi ketika masyarakat telah mengalami krisis yang menjadikan teknologi alam tidak lagi bekerja sesuai dengan cara kerja mekanisme ekosistem yang ada. Hal ini menjadi permasalahan baru dalam artian relasi antara manusia dan alam yang selalu berjarak.

Adapun usaha-usaha manusia untuk men-*sustainable* dirinya ialah dengan cara mengisi jarak melalui pengembangan teknologi

Buku ini tidak diperjualbelikan.

yang lebih ramah dengan ketidakstabilan yang ada. Namun, alih-alih teknologi dapat dipercaya sebagai penunjang keberlangsungan hidup manusia dengan perubahan alam, ia justru memunculkan paradoks baru bahwa kehadiran teknologi ini malah memberikan jarak baru untuk beradaptasi. Terlepas dari baik dan buruknya definisi keberlanjutan teknologis, dapat dilihat bahwa teknologi memiliki peran penting dalam perjalanan peradaban manusia sebagai proteksi mediasi antara krisis, kegagalan, penjarakan, dan berbagai hubungan relasional antara sesama manusia dan alamnya.

Akibatnya, praktik mempertahankan upaya mendukung keberlanjutan ini tidak hanya semata-mata bergantung pada teknologi terbarukan saja, tetapi juga mengintegrasikan ulang bagaimana situasi lanskap geografis masyarakat yang ada beserta kondisi faktual alamnya. Teknologi akan menjadi sarana memperjuangkan keberlanjutan masyarakat dalam menghadapi krisis sehingga ruang mediasi yang lebih demokratis dan terbuka atas ragam kemungkinan pada masa depan, termasuk pengetahuan teknologis masyarakat lokal yang mungkin saja diabaikan selama ini.

Setelah memahami keterbatasan janji "keberlanjutan" teknologi yang serba terbatas oleh adanya situasi dan kondisi iklim yang tidak pasti, perumusan baru tentang filsafat teknologi pada masa depan terwujud. Jika sebelumnya pada era modern dan puncak revolusi industri awal, para insinyur dan praktisi teknologi memikirkan esensi dari sebuah teknologi berdasarkan bentuk dan fungsinya, hari ini justru sebaliknya, teknologi tidak hanya berdasarkan esensi kegunaannya semata, tetapi lebih dari sekadar itu. Teknologi menjadi bagian ihwal manusia untuk mendukung keberlangsungan kehidupan yang lebih baik. Bentuk kesadaran akan krisis keplanetan ini mendapat perhatian khusus dari beragam pakar, filsuf, desainer, sampai pemangku kebijakan teknologi yang merumuskan istilah orientasi baru yang disebut sebagai Palingan Keplanetan (*Terrestrial Turn*) (Lemmens dkk., 2017). Artinya, pembahasan kontemporer dan masa depan teknologi tidak akan terlepas dari isu-isu yang menyangkut permasalahan dalam skala keplanetan. Bentuk pemikiran holistik-keplanetan dimunculkan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

dalam kajian teknologi sebagai sarana untuk memetakan ulang daya "keberlanjutan" teknologi dalam menghadapi krisis perubahan iklim pada masa depan dan membentuk kajian teknologis yang lebih ramah lingkungan serta berkeadilan lintas generasi.

D. Dekolonisasi, Desentralisasi, dan Lokalisasi Pengetahuan Teknologis

Selama perkembangan kehidupan masyarakat Indonesia, tidak jarang persoalan teknologis muncul sebagai bentuk kegagapan dalam merespons perubahan yang begitu cepat, sedangkan transfer teknologi dari pihak luar tidak dapat dibendung begitu saja. Di dunia yang serba cepat dan terbuka ini, permasalahan teknologi menjadi studi yang mulai mendapatkan perhatian khusus. Mukhlis Paeni, sejarawan dan antropolog warisan budaya Indonesia, merangkum sejarah perkembangan teknologi di Indonesia. Diawali dengan kajian corak arsitektur masyarakat Indonesia yang lebih menekankan dimensi-dimensi estetika, kultural, dan religiositas. Corak arsitektur Indonesia sangat dipengaruhi oleh beragam perjumpaan budaya antara India, Tiongkok, Islam, dan Eropa. Makna bermukim bagi masyarakat Nusantara dapat diartikan sebagai bagian integrasi antara hubungan diri dan dunianya. Rumah dianggap sebagai bagian dari semesta mikrokosmos dari semesta yang lebih besar atau makrokosmos. Tantangan menelusuri tren arsitektur kuno pembangunan di Nusantara dengan merujuk pada bahan bangunan yang tidak begitu bertahan lama terhadap iklim daerah tropik lembap (Paeni, 2009).

Meskipun demikian, peninggalan arsitektur masa kolonial dan masa pascakemerdekaan menunjukkan bahwa pengetahuan teknologis masyarakat Indonesia dalam rancang bangun arsitektur mengalami perubahan yang sangat dinamis mengikuti zamannya. Salah satunya, perdebatan antara sebagian para cendekiawan Indonesia yang sepakat atau menolak adanya kajian arsitektur modern Indonesia yang mulai meninggalkan tradisi. Perdebatan ini hanya berputar pada pemaknaan tentang nilai, norma, kaidah, dan preferensi tentang apakah bangunan-bangunan lokal di Indonesia merupakan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

representatif dari nilai kelokalan atau hanya bangunan Indis bergaya modern (Soekiman, 2011), tetapi tidak menunjukkan nilai budaya asli. Pengelompokan tentang teknologi Nusantara dan teknologi non-Nusantara hanya terbatas pada pembagian urutan lini masa waktu. Teknologi Nusantara selalu dikaitkan dengan bentuk lanjutan dari warisan seni dan kebudayaan kuno Nusantara yang masih dapat diaplikasikan dalam bentuk teknologi secara nyata (Turangan dkk., 2014).

Besari (2008) merefleksikan terjadinya hambatan inovasi teknologi di Indonesia yang telah berlangsung sejak zaman kerajaan pada masa Nusantara sampai rezim pemerintahan pascareformasi. Hambatan inovasi sering kali terjadi karena politik teknologi tidak menyadari adanya ketimpangan kesejahteraan yang menyebabkan masyarakat dari zaman pra-kemerdekaan sampai merdeka selalu bergantung dengan teknologi lama, pelimpahan alih teknologi asing, dan/atau menjadi konsumen teknologi. Secara implisit, corak masyarakat Nusantara ialah sebagai manusia kosmos yang selalu hidup berdampingan dengan sesama, alam, dan penciptanya. Kepercayaan ini bahkan termaterialisasikan dalam bentuk artefak yang telah terjalin ribuan tahun lalu. Teknologi di Nusantara sangat identik dengan nilai-nilai sosial, kebudayaan, dan kepercayaan leluhur secara turun-temurun.

Pada subbab ini, istilah Nusantara sendiri dapat diperdebatkan sebab istilah ini sering dicampuradukkan antara fase sebelum kemerdekaan dan istilah persilangan wilayah saat masa kolonialisme di Hindia Belanda. Istilah Nusantara, penulis adopsi sebagai bentuk dari nuansa dan corak etik serta persilangan budaya asli kepulauan di wilayah Asia Tenggara, terlepas dari konstruksi sosial politik Hindia Belanda maupun Indonesia. Mengapa kemudian klaim tentang "teknologi (di) Nusantara" perlu diperjelas adalah karena sebagian besar artefak yang tersebar di Indonesia merupakan bagian dari reruntuhan ingat sejarah panjang masyarakat asli di wilayah tersebut ketika membangun sistem teknologis, seperti halnya candi, keris, kapal pinisi, dan teknologi tradisional lainnya. Oleh karena itu, ketika berusaha untuk memahami tentang teknologi yang asli dimiliki oleh

Buku ini tidak diperjualbelikan.

bangsa Indonesia, satu-satunya rujukan ialah teknologi yang diciptakan pada masa pascakemerdekaan, yang tak lain dan tak bukan adalah teknologi modern. Lain halnya jika merujuk pada pembabakan sejarah teknologi di Nusantara, dapat dipetakan spektrum teknologi sebagai berikut, yatiu teknologi pribumi, teknologi asli, teknologi mapan, teknologi masa kini, teknologi mendatang, dan teknologi baru.

Merespons permasalahan perubahan iklim global, sistem pengetahuan teknologi dari masyarakat Indonesia dituntut untuk segera mampu menyesuaikan perubahan yang terjadi. Proses adaptasi teknologis ini, menurut penulis, harus melewati beberapa telaah kritis sebelum memperkuat kajian menjadi teknologi yang berwawasan lingkungan dan mampu mengadopsi perubahan teknis dalam kerangka krisis keplanetan. Strategi yang dapat diterapkan ialah menggunakan pendekatan alternatif, yakni dengan cara melakukan dekolonisasi teknologi, desentralisasi kebijakan teknologi, dan mendorong adanya bentuk baru lokalisasi pengetahuan teknologis dan atau terapan teknologi dalam rangka merespons perubahan pada masa depan.

Pertama, strategi dekolonisasi teknologi merupakan bagian dari pendekatan kritis dalam analisis teknologi. Asumsi pendekatan dekolonisasi teknologi tampaknya serupa dengan pendekatan dekolonisasi kuasa pengetahuan. Pembedanya hanya pada objek materialitasnya. Keberhasilan revolusi industri menjadi awal mula bentuk kolonialisme dan imperialisme yang bergerak secara ekspansif dari satu wilayah ke wilayah jajahan lainnya. Berkat perkembangan mekanisasi dan otomatisasi sistem produksi yang membutuhkan bahan baku dalam jumlah besar, negara-negara kolonial mulai melakukan penjajahan di berbagai wilayah yang memiliki sumber daya alam. Eksploitasi daerah jajahan kemudian melahirkan bentuk penguasaan kapital dan menjadikannya wujud kapitalisme baru.

Kolonialisme tidak hanya menguasai wilayah, tetapi juga mendominasi pengaruh cara pandang tentang dunia bahkan menghapuskan pengetahuan asli masyarakat yang terjajah. Melanjutkan pendekatan lokalitas teknologi, Besari (2008) menjelaskan pengaruh budaya menjadi faktor penguat bagaimana pengetahuan teknologis itu

Buku ini tidak diperjualbelikan.

bekerja. Artinya, ketika pengetahuan Barat lebih banyak mendominasi cara pandang terkait teknologi, orientasi yang dihasilkan pun sama dan serupa, padahal tidak segala hal yang berorientasi Barat akan selalu berhasil diterapkan di satu wilayah geografis serta kebudayaan yang sepenuhnya tidak sama. Alasan inilah yang menjadi dasar mengapa diperlukan kritik atas kolonisasi teknologi dan menegasikan relevansi teknologi lokal yang sebenarnya lebih relevan mengatasi permasalahan setempat.

Permasalahan dominasi pengetahuan teknologis yang sifatnya kolonial disebabkan oleh adanya dua permasalahan. Pertama, *kurangnya relevansi dan adaptasi*. Menurut Heeks (2002), teknologi yang dikembangkan di negara maju sering kali tidak sesuai atau kurang efektif dalam konteks dunia ketiga karena perbedaan lingkungan, infrastruktur, sampai kondisi sosio-ekonomi serta politik. Misalnya, teknologi pertanian yang berfokus pada efisiensi dan skalabilitas mungkin tidak pernah sesuai untuk petani kecil di negara berkembang yang memiliki tantangan unik dalam hal akses ke lahan, modal, dan pasar. Kedua, setelah terjebak pada lingkaran kapitalisasi teknologi, muncul permasalahan atas *ketergantungan teknologis*. Teknologi dari Barat cenderung menciptakan ketergantungan, baik secara ekonomi maupun intelektual, yang dapat memperparah ketidaksetaraan global. Teknologi sering kali didesain sedemikian rupa sehingga memerlukan pembaruan, perawatan, atau suku cadang yang hanya dapat diperoleh dari pembuat asli, yang makin memperkuat hubungan dependensi (Merhav, 2015).

Di sisi lain, secara filosofis, permasalahan dekolonisasi pengetahuan teknologis terjadi karena terdapat dua permasalahan utama, yakni adanya pengekangan pengetahuan lokal (Sundberg, 2014) dan juga permasalahan otonomi dan kebebasan (Mignolo, 2011). Kemutakhiran teknologi Barat kemudian cenderung mendominasi dan meremehkan pengetahuan teknologis lokal, yang berdampak pada pengetahuan lokal yang hilang atau tidak dipertahankan. Namun, perlu menjadi catatan, penilaian atas kemampuan teknologi tidak selamanya dilimpahkan secara instrumental pada teknologi *per se*,

Buku ini tidak diperjualbelikan.

tetapi sejauh mana pengetahuan teknologis dikuasai dan dikapitalisasi pada konteks dependensi. Sementara itu, permasalahan otonomi dan kebebasan lebih merujuk pada keterbatasan negara-negara dunia ketiga yang sudah sejak awal ditekan untuk menerima dan beradaptasi dengan norma dan nilai-nilai Barat melalui teknologi (Mignolo, 2011).

Meskipun pandangan dekolonisasi terdengar cukup ekstrem, penekanan penulis bahwa pendekatan dekolonisasi teknologi tidak lantas membuatnya menjadi anti teknologi atau anti atas kemajuan teknologi. Justru sebaliknya, ada beberapa hal yang dapat menjadi catatan, yaitu menjadikannya analisis strategis dalam rangka melakukan perlawanan kolonialisasi atau dominasi pemikiran tunggal yang coraknya sangat universal-kapitalistik di mana teknologi hanya dipandang sebagai alat untuk mencapai keuntungan sebesar-besarnya dan/atau mempertahankan *status quo* kekuasaan, tetapi tidak pernah mempertimbangkan berbagai aspek penting dalam kehidupan, seperti keadilan, keberlanjutan, dan kesejahteraan yang seluas-luasnya (Cruz, 2021). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang lebih memperjuangkan pada perbedaan analisis kelas-kelas pengguna teknologi termasuk berbagai upaya represi pengetahuan teknologis melalui pendekatan yang lebih kritis dan komprehensif, salah satunya dengan membentuk pendekatan pengetahuan teknologis yang mengacu pada aspek desentralisasi dan lokalisasi.

Kedua, strategi desentralisasi teknologi sebenarnya dapat merujuk pada gagasan bahwa penyebaran akses dan kontrol atas teknologi tidak lagi bergantung pada pusat, tetapi diperluaskan ke daerah atau individu dalam kelompok kecil tertentu. Merujuk pandangan Schrape (2019), berbagai tantangan dan permasalahan pola teknologi modern didorong oleh "janji desentralisasi", tetapi dalam penerapannya, proses desentralisasi sering kali menjadi hambatan bagi kemajuan teknologi itu sendiri. Agenda desentralisasi teknologi muncul ketika bersamaan dengan ide sistem ekonomi yang didesentralisasikan dan didistribusikan secara merata dan adil.

Melihat posisi geopolitik Indonesia, strategi desentralisasi teknologi dapat dilakukan dengan merumuskan bentuk demokratisasi

Buku ini tidak diperjualbelikan.

teknologi yang lebih tepat. Desentralisasi infrastruktur teknologi diperlukan dengan cara melakukan pembangunan yang lebih merata di setiap wilayah untuk membantu mengurangi keterbatasan layanan akses digital dan peluang ekonomi antara wilayah perkotaan dan perdesaan di Indonesia. Setelah itu, perlu adanya pemberdayaan inovasi lokal yang melibatkan pemberdayaan masyarakat secara langsung guna mendorong inovasi lokal dan pembangunan ekonomi bersama. Dukungan atas pendidikan teknologi yang lebih merata dan berkeadilan diperlukan untuk menghindari keterbatasan partisipasi masyarakat dalam proses pengambil keputusan tentang teknologi. Artinya, pada konteks desentralisasi teknologi, partisipasi publik dalam pengambilan keputusan teknologi sangat diutamakan sebab ujung dari pembuat kebijakan publik. Hal ini mungkin terwujud apabila persebaran akses kontrol teknologi tidak hanya diberikan secara formal terpusat, tetapi juga turut serta merekognisi pemahaman kritis-teknis tentang bagaimana menghindari ketidakadilan pengendalian teknologi terutama akses atas teknologi bagi kesejahteraan masyarakat lokal.

Terakhir, perlu adanya pendekatan dan analisis atas lokalisasi pengetahuan teknologis. Tujuan dari pendekatan ini ialah untuk memastikan bahwa setiap wilayah lokal memerlukan teknologi yang sesuai dengan kebutuhan, nilai tradisi, dan konteks kewilayahannya (Leiponen & Helfat, 2011). Sebagai contoh, tidak mungkin dilakukan pemaksaan transfer teknologi berupa traktor pada suatu wilayah desa yang memiliki pertanian pada lahan kering daripada pertanian lahan dengan sumber air yang lebih mudah didapatkan, begitu juga pemodelan teknologi alih fungsi lahan yang sebetulnya tidak dibutuhkan oleh masyarakat lokal.

Berdasarkan kasus ini, perlu adanya pengertian bahwa proses pengetahuan teknologi harus dilakukan penerapan dan penyesuaian dalam konteks lokal atau regional tertentu. Adapun strategi yang dapat digunakan, antara lain (1) pembuatan *platform* pengetahuan, yang bertujuan untuk memastikan kemudahan akses dan pemanfaatan oleh berbagai pengambil keputusan teknologi; (2) pemodelan topik dan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

pengembangan analisis wacana, bertujuan untuk mengidentifikasi masalah-masalah di antara aktor, teknologi, dan alam; dan (3) pengambilan keputusan berbasis bukti, hal ini maksudnya melibatkan pendekatan multidisiplin untuk menganalisis secara mendalam bagaimana konteks ketika teknologi baru diterapkan pada satu wilayah dengan corak berbeda, begitu juga sebaliknya bagaimana teknologi lokal yang telah bertahan lama dapat secara adaptif berkelindan dengan krisis yang melanda, seperti halnya perubahan iklim yang mengganggu sistem pertanian.

E. Menantang Wawasan Kearifan Lokal

Kerusakan ekologis yang terjadi tidak hanya memengaruhi kehidupan sosial masyarakat secara umum, tetapi juga mengubah cara pandang terhadap pengetahuan dari sisi kearifan lokal. Sebagai contoh, beberapa tradisi atau ritual penghormatan terhadap alam, seperti halnya *larung sesaji*, telah mengalami pergeseran makna. Ironisnya, *larung sesaji* yang harusnya lebih memberikan penekanan atas kesadaran ekologis kemudian beralih makna menjadi semacam pemenuhan hasrat kultur seremonial yang melupakan aspek ekologis, mulai dari penggunaan bahan-bahan tidak ramah lingkungan, seperti halnya plastik. Keindahan akan makna sakralitas *larung sesaji* tergantikan dengan munculnya masalah penumpukan limbah plastik setelah perayaan adat tersebut.

Pada konteks ini, semua pengetahuan lokal "mungkin saja" baik tujuannya, tetapi kemudian menjadi bermasalah ketika tidak dipahami secara kontekstual dalam menjaga makna dari suatu ritual. Seperti halnya leluhur yang masih menggunakan bahan-bahan alami, seperti daun pisang, daun jati, dan sehelai kain tipis, sebagai bahan pembungkus dalam upacara atau ritual kepercayaan tertentu, sudah seharusnya contoh ini perlu diadaptasi dan ditiru. Namun, kemajuan teknologi modern dan kepraktisan sering kali mengarah pada pengabaian lingkungan, termasuk penggunaan plastik yang menghasilkan polusi dan limbah sampah yang mencemari ekosistem laut itu sendiri. Kondisi inilah yang justru makin memperparah krisis

Buku ini tidak diperjualbelikan.

perubahan iklim yang melanda wilayah pesisir. Satu tantangan atas kearifan lokal ialah bahwa perubahan zaman dan lingkungan akan mendorong sejauh mana pandangan keberlanjutan relasional antara manusia, adat, dan lingkungan dapat terjaga.

Pada sektor pertanian, dampak dari perubahan iklim membuat perubahan jadwal dan pola tanam, ledakan hama penyakit pada tanaman, kekeringan, banjir, hingga penurunan hasil produksi, bahkan menyebabkan gagal panen (Ananda & Widodo, 2019). Tekanan perubahan iklim dirasa makin berat seiring dengan rendahnya akses informasi masyarakat tentang perubahan iklim, rendahnya sensitivitas, dan rendahnya kapasitas adaptasi masyarakat. Situasi tersebut menyebabkan peningkatan kerentanan pada kelompok/komunitas masyarakat di desa, baik bagi laki-laki maupun perempuan.

Kerentanan atau *vulnerability* merupakan manifestasi dari struktur sosial, ekonomi dan politik, dan pengaturan lingkungan. Kerentanan juga dapat diartikan sebagai ketidakmampuan individu atau kelompok masyarakat dalam upaya meminimalisasi dampak yang dimunculkan oleh suatu bahaya (Rijanta dkk., 2014). Konsep kerentanan terdiri atas sensitivitas, paparan, dan kapasitas adaptasi. Sensitivitas didefinisikan sebagai sejauh mana sistem yang ada akan menanggapi perubahan yang terjadi akibat perubahan iklim termasuk efek yang menguntungkan dan yang merugikan. Paparan (*exposure*) terkait perubahan iklim dapat direpresentasikan sebagai intensitas dan frekuensi kejadian ekstrem yang mengenai masyarakat dalam jangka panjang atau selama perubahan variabilitas iklim (McCarthy dkk., 2001; Shah dkk., 2013).

Kapasitas adaptasi terhadap perubahan iklim dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pendapatan, akses informasi, kepemilikan aset, akses untuk memanfaatkan teknologi tepat guna, jarak ke pasar, kelembagaan, jaringan dan modal sosial, kebijakan, pengetahuan, pendidikan, keterampilan, serta persepsi tentang perubahan iklim itu sendiri (Marseva dkk., 2016). Adaptasi petani dalam menghadapi risiko iklim membutuhkan lebih banyak dukungan eksternal, seperti koneksi dan kerja sama pengetahuan modern/multidisiplin

Buku ini tidak diperjualbelikan.

dan pengetahuan lokal yang merupakan faktor penting untuk memperkuat kapasitas sosial adaptif (Li dkk., 2010). Berdasarkan riset yang dilakukan oleh Koalisi Rakyat untuk Kedaulatan Pangan (KRKP) pada tahun 2021, dampak dari perubahan iklim masih belum dirasakan secara menyeluruh oleh masyarakat Desa Kendayakan, Kecamatan Trisi, Kabupaten Indramayu. Di sisi lain, jika kondisi ini dibiarkan, akan mengganggu kehidupan masyarakat desa, seperti kekurangan air bersih dan bahan pangan yang layak konsumsi. Hal ini menyebabkan masyarakat yang berada pada kelompok rentan (petani kecil, buruh tani, perempuan, anak-anak muda, lansia, dan difabel) menjadi terancam kesejahteraan hidupnya. Masyarakat harus mengeluarkan biaya tambahan hanya untuk air minum yang bersih dan layak konsumsi.

Hilangnya sumber daya air juga akan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman yang selanjutnya berdampak pada menurunnya produktivitas padi. Peningkatan suhu dan perubahan intensitas curah hujan juga menyebabkan lahan kebanjiran saat musim hujan dan menyebabkan kekeringan yang parah (hingga lahan terlihat retak) saat musim kemarau.

Masyarakat cenderung pasrah, mengikuti siklus alam, dan menganggap kejadian tersebut biasa saja. Sementara itu, jika dampak tersebut dilihat dari segi pendapatan, pendapatan para petani akan terus turun sehingga para petani yang memiliki pendapatan rendah akan terus menurun pendapatannya dan akan makin terperosok dalam jurang kemiskinan. Minimnya pendidikan, pengetahuan, dan tidak adanya edukasi dari pemerintah desa setempat mengenai isu perubahan iklim makin memperparah kerentanan petani terhadap perubahan iklim.

Situasi masyarakat di desa dapat dikatakan aman terhadap dampak perubahan iklim jika kebutuhan pangan mereka dapat terpenuhi, pendapatannya tinggi, pengetahuannya luas, pekerjaannya lebih dari satu jenis, dan memiliki jaringan yang luas. Di Desa Kendayakan yang mayoritas masyarakatnya menggantungkan hidup dari sektor pertanian, dampak perubahan iklim akan terasa sangat nyata, khususnya pada penurunan hasil panen. Hal ini menjadi peringatan bagi

Buku ini tidak diperjualbelikan.

warga karena warga harus memiliki strategi lain dalam memenuhi kebutuhan pangan jika produksi turun atau terjadi gagal panen. Peringatan ini juga mengindikasikan terjadinya kemiskinan pada masyarakat di perdesaan terutama para petani padi. Penurunan produksi padi memiliki konsekuensi serius pada keamanan pangan di desa ataupun komunitas, terutama di kalangan kelompok rentan yang mana memiliki keterbatasan akses terhadap fasilitas modal dan pinjaman. Selain itu, ancaman kekurangan gizi akibat gagal panen terutama di kalangan anak-anak perdesaan akan lebih cepat terjadi pada tahun-tahun mendatang jika kebijakan pemerintah gagal untuk mengatasi dampak perubahan iklim yang berhubungan langsung dengan produksi pangan.

Dampak negatif dari perubahan iklim sudah dapat dirasakan secara langsung oleh masyarakat perdesaan. Masyarakat merasakan hal tersebut dengan makin tidak menentunya curah hujan, naiknya suhu pada siang dan malam hari, dan terjadinya krisis air beberapa tahun belakangan. Beberapa petani yang memiliki uang lebih tentu memiliki strategi untuk menjawab dampak dari perubahan iklim. Contohnya, mereka akan membeli mesin pompa air untuk mengambil air dari sungai yang volume airnya sudah tak banyak lagi atau melakukan pengeboran sumur baru dengan kedalaman lebih dari 50 meter yang tak jarang airnya masih terasa payau. Namun, bagi para petani yang memiliki pendapatan lebih rendah, strategi semacam itu tentu saja tidak bisa dilakukan. Pilihan paling rasional yang mampu dilakukan adalah menyewa pompa air untuk mengairi sawah dan membeli air bersih untuk konsumsi. Kedua hal tersebut tentu akan berimplikasi pada bertambahnya pengeluaran para petani kecil secara terus-menerus.

Belum lagi masalah pada lahan, yang setiap tahunnya makin menurun kesuburan lahannya. Tanah menjadi lebih konsumtif akan input eksternal, seperti pupuk kimia dalam jumlah yang besar untuk meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas tanaman. Sementara itu, harga pupuk kimia berangsur naik setiap tahunnya dengan makin berkurangnya subsidi dari pemerintah.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Meskipun sektor pertanian secara umum merupakan sektor yang sangat rentan terhadap perubahan iklim, banyak yang berpendapat bahwa sektor pertanian juga ikut memperparah krisis iklim dan krisis sumber daya yang terjadi hari ini. Salah satu kebiasaan yang dapat dilihat secara umum yang berkontribusi pada krisis iklim dan krisis sumber daya ialah menggenangi sawah dengan air sepanjang musim tanam. Kebiasaan ini telah berjalan begitu lama, khususnya pada daerah-daerah yang terdapat irigasi teknis maupun daerah dengan sumber daya air yang sangat melimpah.

Alasan umum yang biasa dikemukakan oleh para petani terkait dengan penggenangan air sepanjang musim tanam pada sawah ialah peningkatan produktivitas dan pencegahan terhadap gulma. Di sisi lain, kebiasaan seperti itu berpotensi melepaskan gas metana ke udara. Menurut Wihardjaka (2015), tanah tergenang merupakan kondisi ideal bagi bakteri metanogen dalam pembentukan gas metana. Emisi gas metana tertinggi dicapai pada kondisi tanah sawah yang digenangi secara terus-menerus, baik dengan sistem tanam pindah maupun tanam benih langsung. Sistem irigasi berselang terputus (*intermittent*) dapat menekan emisi gas metana dan menghasilkan gabah yang tidak berbeda jauh dengan sistem tergenang. Meskipun jumlah gas metana yang lepas ke udara tidak sebanyak pada sektor peternakan, jika dikalikan dengan luasan sawah di Jawa, bahkan di Indonesia, jumlah tersebut tidak lagi dapat disebut sedikit.

Selain kebiasaan menggenangi sawah dengan air sepanjang musim, terdapat kebiasaan lokal lain dalam melakukan pengolahan lahan sawah oleh petani, khususnya di Desa Kendayakan, Kecamatan Trisi, Kabupaten Indramayu. Petani di sana melakukan sebuah kebiasaan yang dinamakan *jublak* atau mengeruk tanah dan mengangkatnya untuk dibuang ke tempat lain. Kebiasaan ini dilakukan dengan alasan menyuburkan kembali lahan sawah yang sudah kurang subur. Kenyataannya, jika melihat struktur tanah pada lahan sawah, lapisan yang paling subur dan terdapat banyak unsur hara adalah lapisan bajak yang berada pada kedalaman 15–20 cm dari permukaan tanah. Terbentuknya lapisan bajak pada lahan sawah tidak terjadi dalam

Buku ini tidak diperjualbelikan.

waktu yang cepat, perlu waktu yang panjang untuk membentuk lapisan tersebut. Ditambah lagi ekosistem yang telah terbentuk pada lapisan bajak harus dibentuk ulang dengan berbagai unsur biotik dan abiotik yang kompleks. Kebiasaan *jublak* tersebut tentu saja berdampak pada kerusakan ekologis terhadap lahan atau sekitar lahan sawah yang berujung pada penurunan mutu lingkungan persawahan.

F. Di Ambang Batas Krisis: Masih Adakah Kebijaksanaan?

Saat krisis terjadi, apakah mungkin semua orang dapat merasakan krisis secara objektif dan universal, atau sebaliknya justru sangat relatif subjektif? Petani di Indramayu, misalnya, sudah benar-benar merasakan dampak yang ditimbulkan dari krisis iklim dan sumber daya yang berakibat pada produktivitas lahan sawah mereka. Kondisi ini berimplikasi secara langsung pada hasil panen dan pendapatan yang diterima oleh para petani. Namun, apakah yang dirasakan oleh para petani di Indramayu juga dirasakan oleh orang-orang di wilayah perkotaan? Tentu saja tidak, tidak ada yang berubah dari perilaku dan mata pencaharian orang-orang di perkotaan. Orang-orang di perkotaan tidak merasakan perubahan yang signifikan pada pendapatan hanya karena cuaca yang tidak menentu, misalnya, atau tidak akan mengubah aktivitas kerjanya hanya karena naiknya suhu udara di wilayahnya. Hal tersebut terjadi karena orang-orang di perkotaan tidak merasakan krisis yang serupa dalam kesehariannya, kecuali jika krisis itu mengarah ke level yang mengancam kehidupan. Akan tetapi, menjadi catatan penting bahwa bukan berarti orang yang hidup di perkotaan atau bahkan pesisir tidak merasakan atau terlepas dari krisis itu sendiri.

Alih-alih menyadari krisis dan mencoba untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan olehnya, para individu yang jauh dari area krisis cenderung gagal memahami penyebab krisis dan seakan menghindar dari persoalan tersebut. Hal itu ditunjukkan dengan populernya produksi dan penggunaan kendaraan pribadi bertenaga listrik dengan dalih "lebih ramah lingkungan". Kenyataannya, jika ditelusuri lebih

Buku ini tidak diperjualbelikan.

jauh, pada proses produksi kendaraan tenaga listrik terjadi proses industri yang ekstraktif, penggalian nikel sebagai bahan baku baterai hingga suplai listrik yang masih menggunakan batu bara. Apa yang disebut sebagai ramah lingkungan, bisa jadi, hanya memindahkan krisis polusi dari satu ruang spasial geografis ke wilayah lainnya, yang tentu saja dampaknya tidak terasa secara langsung. Contoh lainnya adalah penggunaan kantong kertas. Awal mulai ide penggunaan kantong plastik ialah untuk menggantikan kantong kertas yang dianggap merusak lingkungan karena harus menghabiskan banyak sekali pohon untuk membuatnya. Plastik diharapkan mampu menyelesaikan krisis yang ditimbulkan dari kantong kertas. Ternyata, beberapa waktu setelah kantong plastik diproduksi dalam skala besar, kantong plastik malah menyebabkan permasalahan baru di planet ini.

Persoalan dan penyelesaian seperti yang telah ditulis sebelumnya, hanya akan menambah panjang daftar riwayat *trial and error* manusia menghadapi krisis, menciptakan penyelesaian, dan menghadapi krisis yang timbul dari solusi yang telah diciptakan sebelumnya. Guna memutus mata rantai tersebut, diperlukan sebuah sikap bijaksana yang ajek dalam memahami krisis, dampak yang ditimbulkan olehnya, dan penyelesaian yang bersifat holistik. Pada kenyataannya, bumi adalah satu-satunya planet yang dihuni oleh manusia, juga jutaan biota yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Keutuhan bumi sebagai satu planet yang menjadi rumah bagi jutaan spesies tidak dapat dipisah-pisah secara parsial. Aktivitas ekstraktif yang dilakukan di satu area akan sangat memengaruhi kehidupan spesies di tempat lainnya. Contohnya, pelepasan emisi GRK secara masif di suatu area akan berpengaruh pada seluruh lapisan ozon yang mengelilingi planet ini. Oleh karena itu, menjadi sangat penting untuk melihat bumi sebagai satu planet yang utuh, tidak secara parsial. Begitu pun pada penyelesaian persoalan krisis iklim dan krisis sumber daya, kebijaksanaan harus bersifat holistik, tidak bersifat parsial.

Apa yang dimaksud holistik ini kemudian dapat dipahami bahwa pemahaman umum seluruh orang tentang definisi ilmiah perubahan iklim tidak akan sama dan setara. Katakanlah, ada beberapa masya-

Buku ini tidak diperjualbelikan.

rakat yang tidak memercayai pemanasan global, tetapi mereka melakukan tindakan praktis untuk mempertahankan lingkungan tempat tinggalnya dari kerusakan. Begitu juga, ketika ada beberapa masyarakat yang percaya betul akan pemanasan global, tindakan yang dilakukannya ialah juga melakukan pencegahan yang serupa. Mathews (2022) menggunakan istilah biogemorfomologis untuk menelusuri bahwa pengetahuan manusia tentang krisis tidak dapat dipisahkan dengan sejauh mana imajinasinya tentang lanskap yang mereka hidupi selama ini. Artinya, imaji tentang makna kehidupan, bertahan hidup, warisan, dan masa depan yang menyatu dengan lanskap akan lebih memberikan dorongan pengetahuan baru dalam rangka berhadapan dengan krisis yang sedang terjadi.

Di ambang batas krisis tentu saja akan senantiasa melibatkan ragam "kebijaksanaan" untuk mengatasi masalah dengan cara menelusuri ulang pengetahuan, pemahaman, dan kemampuan yang lebih baik untuk membuat keputusan. Beragam krisis telah dihadapi oleh masyarakat, mulai dari pandemi, ketidakstabilan ekonomi, sosial, politik, sampai dengan perubahan iklim. Sayangnya, kata "kebijaksanaan" selalu bertopang pada satu tradisi atau pengetahuan tradisional tertentu dalam menavigasi krisis. Sementara itu, belum ada jaminan yang pasti akan tingkat keberhasilan pengetahuan pada masa lalu dalam rangka memberikan panduan dan solusi berharga dalam menghadapi tantangan dan perubahan.

Penjelasan ini sama halnya sebagaimana argumentasi Mathews (2022) yang menyatakan bahwa tidak semua hal yang berpijak pada kearifan lokal harus diimplementasikan pada satu kondisi yang tidak terduga seperti halnya krisis iklim Antroposen. Krisis ini melibatkan akumulasi antropogenik yang tentu saja datang dari lintas wilayah lain, yang tidak pernah dibayangkan sebelumnya oleh pengetahuan lokal.

> *In some places, farmers and cattle ranchers may be deeply knowledgeable about their environments while also engaging in destructive practices. We should study and respect their knowledge,*

Buku ini tidak diperjualbelikan.

but we should not necessarily agree with them all of the time (Mathews, 2022, 229).

Hal-hal yang tidak terduga, mendadak, dan terasa sangat cepat perubahannya sering kali muncul saat krisis terjadi. Pada kondisi krisis inilah, tantangan selanjutnya ialah apakah pengetahuan lokal yang diyakini akan selalu relevan atau justru sebaliknya, bahwa pengetahuan dan kearifan lokal sudah seharusnya diinterpretasi dengan cara yang lebih kritis dan mendalam. Selama ini, kekuatan dari kearifan lokal ialah bukan sekadar meromantisasi hubungan manusia dan alam pada masa lalu, tetapi justru menjadikannya strategi emansipatoris atas program adaptasi dan mitigasi yang lebih berkeadilan dan berkelanjutan bagi masyarakat setempat.

Pada akhirnya, kebijaksanaan pada konteks krisis ialah tentang bertahan pada pengetahuan kearifan lokal masa lalu atau justru melampauinya. Tantangan melampauinya ini merupakan bentuk dari integrasi keterlibatan pengalaman kearifan lokal pada masalah-masalah yang lebih dari sekadar "lokal", pada lanskap yang lebih luas (Nugroho dkk., 2023). Krisis muncul ketika isu ekuitas atas distribusi risiko tidak dapat diantisipasi. Kondisi ini merupakan kekosongan "pengetahuan" sehingga perlu adanya rekognisi berkaitan atas pengetahuan atas kekosongan solusi ini. Melalui rekognisi, semua alternatif pengetahuan baru beserta kritiknya akan melebur dalam proses politik keseharian untuk merancang strategi penyelesaian krisis yang terjadi (Mahaswa & Kim, 2023). Hal ini dapat dimulai dengan mulai membuka percakapan publik tentang keberadaan kearifan lokal yang sering kali tersembunyi atau disembunyikan dengan pendekatan yang lebih luas pada konteks pendekatan ilmiah sehingga adaptasi dan mitigasi krisis tidak hanya sekadar berbicara secara konseptual, tetapi juga dapat dibuktikan dengan laku yang lebih nyata (Widuri dkk., 2023).

G. Penutup

Pendekatan refleksi filosofis menjadi alternatif pembacaan ulang atas kontekstualisasi kondisi pengetahuan kearifan lokal di Indonesia

Buku ini tidak diperjualbelikan.

dalam merespons krisis iklim saat ini dan mendatang. Retakan keseimbangan alam yang terbayang oleh masyarakat adat membawa konsekuensi lanjutan terkait bagaimana masyarakat lokal harus beradaptasi dengan perubahan yang ada, padahal anomali perubahan iklim saat ini terjadi justru karena persebaran akumulasi limbah antropogenik yang tersebar di seluruh dunia. Dampak dari akumulasi ini melahirkan ketidakpastian dan ketimpangan ekologi yang ada. Permasalahan lainnya kemudian turut hadir dan makin mengguncang kemapanan status pengetahuan lokal yang ada.

Usaha pelampauan kearifan lokal bukan berarti menegasikan dimensi epistemik dari masyarakat adat yang ada, tetapi berusaha untuk mengintegrasikan ulang dengan permasalahan yang lebih kontekstual. Pandangan tentang harmonisasi alam yang terhubung dengan masyarakat asli harus ditindaklanjuti dan ditelaah ulang. Hal ini memberikan kesempatan untuk mengoreksi sekaligus menginvestigasi secara kritis kuasa ketidakadilan yang justru bercokol pada pengetahuan asli selama ini. Upaya untuk melakukan dekolonisasi pengetahuan teknologis, misalnya, menjadi bentuk komitmen demokratisasi teknologis yang terbuka. Hal ini dikarenakan tidak semua hal yang berkaitan dengan kemajuan akan selalu relevan dengan lanskap kehidupan masyarakat tertentu.

Segala bentuk pendekatan pelestarian lingkungan mungkin telah dilakukan oleh beragam lintas kesukuan, yaitu suku Dayak, Rimba, Baduy, Knasaimos, Bajo, Anak Dalam, Mentawai, Tana Toa, Asmat, dan sebagainya. Semua bentuk pemahaman kesukuan tentu memiliki pemahaman yang berbeda dengan kajian ilmiah modern selama ini. Pada titik inilah, kebijakan pengelolaan lingkungan tidak lagi terpusat, tetapi harus berani memperluas jejaring dengan cara mendesentralisasi keputusan dan pengetahuan lokalitas ruang ekologis yang dihuni oleh masyarakat yang terdampak atas kerusakan dan perubahan iklim Antroposen yang sedang terjadi.

Terakhir, terdapat beberapa rekomendasi teruntuk komunitas ilmiah dalam rangka merekognisi berbagai pengetahuan kearifan lokal, sebagai berikut.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

1) Kajian tentang kearifan lokal harus dipandang sebagai pengetahuan yang dinamis.
2) Kajian kearifan lokal bukan hanya sekadar pencarian atas yang "megah" atau "eksotis", tetapi minim penelusuran ulang, mengapa suatu lanskap kehidupan memiliki bentuk pengetahuan tertentu dan apa saja yang melatarbelakanginya.
3) Kajian kearifan lokal sudah tidak lagi relevan jika hanya dimonopoli oleh satu disiplin ilmu saja. Ia harus mendobrak egoisme intelektual dengan cara mengintegrasikan pendekatan multi atau transdisipliner.
4) Perlu mulai mengapresiasi, mengkritisi, dan menelusuri ulang berbagai bentuk kajian kearifan lokal agar terbebas dari bias kepentingan tertentu.
5) Pengetahuan kearifan lokal tidak dapat direpresentasikan oleh satu kajian tunggal. Pada akhirnya, peneliti hanya dapat menyampaikan bentuk pengetahuan, tetapi tidak benar-benar mengalaminya sebab hal yang paling mungkin adalah berbicara dengan komunitas yang masih melaksanakan kearifan lokal tersebut, alih-alih berbicara sebagai komunitas itu sendiri.

Referensi

Adams, M. (2020). *Anthropocene psychology: Being human in a more-than-human world*. Routledge.

Ananda, R. R., & Widodo, T. (2019). *A general assessment of climate change -Loss of agricultural productivity in Indonesia* [Makalah]. Munich Personal RePEc Archive. https://ideas.repec.org/p/pra/mprapa/91316.html

Benyus, J. M. (2009). *Biomimicry: Innovation inspired by nature* (Nachdr.). Perennial.

Besari, M. S. (2008). *Teknologi di Nusantara: 40 abad hambatan inovasi*. Salemba Teknika.

BMKG. (2023). *Analisis dinamika atmosfer dasarian III Oktober 2023*. https://www.bmkg.go.id/iklim/dinamika-atmosfir.bmkg

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Bruchac, M. M. (2014). Indigenous knowledge and traditional knowledge. Dalam C. Smith (Ed.), *Encyclopedia of global archaeology* (3814–3824). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0465-2_10

Budianto, Y. (2023, 5 Juni). Krisis iklim yang mengancam keberlangsungan hidup manusia. *Kompas*. https://www.kompas.id/baca/humaniora/2023/06/04/krisis-iklim-yang-mengancam-keberlangsungan-hidup-manusia

Burton, I. (1987). Report on reports: Our common future: The world commission on environment and development. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, *29*(5), 25–29.

Cruz, C. C. (2021). Decolonizing philosophy of technology: Learning from bottom-up and top-down approaches to decolonial technical design. *Philosophy & Technology*, *34*(4), 1847–1881. https://doi.org/10.1007/s13347-021-00489-w

Di Gregorio, M., Fatorelli, L., Paavola, J., Locatelli, B., Pramova, E., Nurrochmat, D. R., May, P. H., Brockhaus, M., Sari, I. M., & Kusumadewi, S. D. (2019). Multi-level governance and power in climate change policy networks. *Global Environmental Change*, *54*, 64–77. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.10.003

Foster, J. B. (2012). The planetary rift and the new human exemptionalism: A political-economic critique of ecological modernization theory. *Organization & Environment*, *25*(3), 211–237. https://doi.org/10.1177/1086026612459964

Heeks, R. (2002). Information systems and developing countries: Failure, success, and local Improvisations. *The Information Society*, *18*(2), 101–112. https://doi.org/10.1080/01972240290075039

Jerez, M. M. (2021). *UN/DESA policy brief #101: Challenges and opportunities for indigenous peoples' sustainability* [Policy brief]. Department of Economic and Social Affairs, United Nations. https://www.un.org/development/desa/dpad/publication/un-desa-policy-brief-101-challenges-and-opportunities-for-indigenous-peoples-sustainability/

Klinenberg, E., Araos, M., & Koslov, L. (2020). Sociology and the climate crisis. *Annual Review of Sociology*, *46*(1), 649–669. https://doi.org/10.1146/annurev-soc-121919-054750

Koalisi Rakyat untuk Kedaulatan Pangan. (2021). *Persepsi masyarakat atas dampak perubahan iklim pada sektor pertanian: Laporan kajian partisipatif* [Laporan tidak diterbitkan].

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Leiponen, A., & Helfat, C. E. (2011). Location, decentralization, and knowledge sources for innovation. *Organization Science*, *22*(3), 641–658. https://www.jstor.org/stable/20868884

Lemmens, P., Blok, V., Zwier, J., & Philosophy Documentation Center. (2017). Toward a terrestrial turn in philosophy of technology. *Techné: Research in Philosophy and Technology*, *21*(2–3), 114–126. https://doi.org/10.5840/techne2017212/363

Lenton, T. M., Xu, C., Abrams, J. F., Ghadiali, A., Loriani, S., Sakschewski, B., Zimm, C., Ebi, K. L., Dunn, R. R., Svenning, J.-C., & Scheffer, M. (2023). Quantifying the human cost of global warming. *Nature Sustainability*. https://doi.org/10.1038/s41893-023-01132-6

Ley, L. (2021). *Building on borrowed time: Rising seas and failing infrastructure in Semarang*. University of Minnesota Press.

Li, C., Ting, Z., & Rasaily, R. G. (2010). Farmer's adaptation to climate risk in the context of China -: A research on Jianghan Plain of Yangtze River Basin. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, *1*, 116–125. https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2010.09.014

Magni, G. (2017). Indigenous knowledge and implications for the sustainable development agenda. *European Journal of Education*, *52*(4), 437–447. https://doi.org/10.1111/ejed.12238

Mahaswa, R. K., & Kim, M. S. (2023). Introducing the pluriverse of the Anthropocene: Toward an ontological politics of environmental governance in Indonesia. Dalam A. Triyanti, M. Indrawan, L. Nurhidayah, & M. A. Marfai (Ed.), *Environmental governance in Indonesia*, *vol. 61* (15–31). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15904-6_2

Marseva, A. D., Putri, E. I. K., & Ismail, A. (2016). Analisis faktor resiliensi rumah tangga petani dalam menghadapi variabilitas iklim. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia*, *17*(1), 15–27. https://doi.org/10.21002/jepi.v17i1.632

Mathews, A. S. (2022). *Trees are shape shifters: How cultivation, climate change, and disaster create landscapes*. Yale University Press.

Mathews, F. (2011). Towards a deeper philosophy of biomimicry. *Organization & Environment*, *24*(4), 364–387. https://doi.org/10.1177/1086026611425689

Buku ini tidak diperjualbelikan.

McCarthy, J. J., Canziani, O. F., Leary, N. A., Dokken, D. J., & White, K. S. (Ed.). (2001). *Climate change 2001: Impacts, adaptation, and vulnerability: Contribution of Working Group II to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.

Merhav, M. (2015). *Technological dependence, monopoly, and growth* (1st ed.). Pergamon Press.

Mignolo, W. D. (2011). *The darker side of Western modernity: Global futures, decolonial options*. Duke University Press.

Mustika, P. P. (2022, 28 Juni). Hidup selaras dengan alam, tumpuan atasi krisis iklim.. *Kompas*. https://www.kompas.id/baca/humaniora/2022/06/23/praktik-hidup-selaras-dengan-alam-tumpuan-atasi-krisis-iklim

Nugroho, H. Y. S. H., Indrawati, D. R., Indrajaya, Y., & Yuwati, T. W. (2023). Does indigenous wisdom still exist? Toward the involvement of indigenous peoples in disaster risk reduction. Dalam G. K. Panda, U. Chatterjee, N. Bandyopadhyay, M. D. Setiawati, & D. Banerjee (Ed.), *Indigenous knowledge and disaster risk reduction* (107–125). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-26143-5_6

Paeni, M. (2009). *Sejarah kebudayaan Indonesia*. Rajawali Pers.

Pittock, A. B. (2009). *Climate change: The science, impacts and solutions* (2nd ed.). Earthscan.

Reyes-García, V., Álvarez-Fernández, S., Benyei, P., García-del-Amo, D., Junqueira, A. B., Labeyrie, V., Li, X., Porcher, V., Porcuna-Ferrer, A., Schlingmann, A., & Soleymani, R. (2023). Local indicators of climate change impacts described by indigenous peoples and local communities: Study protocol. *PLOS ONE*, *18*(1), Article e0279847. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0279847

Rijanta, R., Hizbaron, D. R., & Baiquni, M. (Ed.). (2014). *Modal sosial dalam manajemen bencana* (Cetakan pertama). Gadjah Mada University Press.

Schrape, J. F. (2019). The promise of technological decentralization. A brief reconstruction. *Society*, *56*(1), 31–37. https://doi.org/10.1007/s12115-018-00321-w

Shah, K. U., Dulal, H. B., Johnson, C., & Baptiste, A. (2013). Understanding livelihood vulnerability to climate change: Applying the livelihood vulnerability index in Trinidad and Tobago. *Geoforum*, *47*, 125–137. https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2013.04.004

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Smith, M. E., Ortman, S. G., & Lobo, J. (2023). Heritage sites, climate change, and urban science. *Urban Climate*, *47*, Article 101371. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101371

Soekiman, D. (2011). *Kebudayaan Indis: Dari zaman kompeni sampai revolusi*. Komunitas Bambu.

Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015). The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, *2*(1), 81–98. https://doi.org/10.1177/2053019614564785

Sundberg, J. (2014). Decolonizing posthumanist geographies. *Cultural Geographies*, *21*(1), 33–47. https://doi.org/10.1177/1474474013486067

Turangan, L., Willyanto, & Gunawan, F. (2014). *Seni budaya & warisan Indonesia*. Aku Bisa.

Widuri, N. R., Tupan, Yoganingrum, A., Rachmawati, R., Sulaksana, N., & Zakaria, Z. (2023). Indigenous knowledge of disaster risk reduction in Indonesia. Dalam G. K. Panda, U. Chatterjee, N. Bandyopadhyay, M. D. Setiawati, & D. Banerjee (Ed.), *Indigenous knowledge and disaster risk reduction* (229–255). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-26143-5_11

Wihardjaka, A. (2015). Mitigasi emisi gas metana melalui pengelolaan lahan sawah. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, *34*(3), 95–104.

Williston, B. (2021). *Philosophy and the climate crisis: How the past can save the present*. Routledge.

Zalasiewicz, J., Waters, C. N., Ellis, E. C., Head, M. J., Vidas, D., Steffen, W., Thomas, J. A., Horn, E., Summerhayes, C. P., Leinfelder, R., McNeill, J. R., Gałuszka, A., Williams, M., Barnosky, A. D., Richter, D. D. B., Gibbard, P. L., Syvitski, J., Jeandel, C., Cearreta, A., … Zinke, J. (2021). The Anthropocene: Comparing its meaning in geology (chronostratigraphy) with conceptual approaches arising in other disciplines. *Earth's Future*, *9*(3), Article e2020EF001896. https://doi.org/10.1029/2020EF001896

Zwart, H. (2019). What is mimicked by biomimicry? Synthetic cells as exemplifications of the threefold biomimicry paradox. *Environmental Values*, *28*(5), 527–549. https://doi.org/10.3197/096327119X15579936382356

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Bab 3

Padi *Walik* Jerami: Kearifan Lokal Adaptasi Kekeringan pada Lahan Sawah Tadah Hujan

Anicetus Wihardjaka & Elisabeth Srihayu Harsanti

A. Sistem Walik Jerami di Sawah Tadah Hujan

Sektor pertanian menjadi tumpuan manusia dalam melangsungkan kehidupannya. Kebutuhan pangan sepenuhnya ditunjang dari sektor pertanian. Ketahanan pangan pada dekade terakhir ini dihadapkan pada permasalahan lingkungan yang kompleks, seperti perubahan iklim dan alih fungsi lahan pertanian optimal. Penciutan luasan lahan sawah beririgasi mendorong optimalisasi pemanfaatan lahan sawah tadah hujan untuk menjamin ketersediaan pangan nasional. Pemanfaatan lahan untuk memenuhi kebutuhan pangan, khususnya padi, mengimbangi laju pertambahan populasi di planet bumi. Laju pertumbuhan penduduk Indonesia sebesar 1,25%/tahun akan menambah jiwa sebanyak 3,4 juta jiwa/tahun, artinya setiap tahun perlu tambahan

A. Wihardjaka & E. S. Harsanti
Badan Riset dan Inovasi Nasional, e-mail: anic001@brin.go.id

© 2023 Editor & Penulis
Wihardjaka, A. &, Harsanti, E. S. (2023). Padi walik jerami: kearifan lokal adaptasi kekeringan pada lahan sawah tadah hujan. Dalam Elza Surmaini, Lilik Slamet Supriatin, & Yeli Sarvina (Ed.), *Teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim* (55–79). Penerbit BRIN. DOI: 10.55981/brin.901.c718, E-ISBN: 978-623-8372-46-1

Buku ini tidak diperjualbelikan.

pangan untuk memenuhi kebutuhan pangan nasional (Mulyani dkk., 2022). Sebagai makanan pokok bangsa Indonesia, konsumsi beras pada tahun 2020 adalah 78,52 kg/tahun/kapita (Badan Pusat Statistik, 2021). Konsumsi beras nasional per kapita telah menjadi perhatian Pemerintah Indonesia dalam penyediaan pangan terutama selama produktivitas padi terbatas setiap tahun.

Lahan sawah tadah hujan merupakan salah satu agroekologi yang rentan terhadap dampak perubahan iklim (PI). Beberapa faktor yang menjadikan alasan bahwa lahan sawah tadah hujan rentan terhadap dampak PI, antara lain ketidakpastian curah hujan, peningkatan risiko cekaman kekeringan, ketidakstabilan iklim mikro akibat fluktuasi cuaca lokal, peningkatan serangan organisme pengganggu tanaman (OPT), penurunan ketersediaan air, perubahan suhu ekstrem, penurunan kesuburan tanah, dan keterbatasan infrastruktur irigasi. Faktor-faktor tersebut berakibat terhadap produksi dan produktivitas tanaman pangan terutama padi sawah tadah hujan. Lahan sawah tadah hujan di Indonesia yang cukup luas, 2.195.699 hektare (Mulyani dkk., 2022), berpotensi menyumbang ketersediaan pangan berupa beras. Diasumsikan untuk setiap musim tanam, produktivitas padi sawah tadah hujan rata-rata 4,0 ton/ha gabah kering giling maka lahan sawah tadah hujan mampu menyediakan gabah sebanyak 35.131.184 ton setara dengan 22.041.304 ton beras (konversi gabah menjadi beras adalah 62,74% menurut Kalsum dkk. [2020]). Oleh karena itu, upaya peningkatan indeks pertanaman (IP) di lahan sawah tadah hujan perlu digalakkan, apalagi luasan lahan sawah beririgasi mengalami penciutan dan beralih fungsi menjadi lahan nonpertanian.

Petani umumnya telah menerapkan pola tanam padi (musim hujan) diikuti padi (musim kemarau ke-1) dan diikuti palawija (musim kemarau ke-2) atau padi (musim penghujan) diikuti palawija (musim kemarau ke-1) dan palawija (musim kemarau ke-2). Namun, padi musim tanam kedua sering mengalami cekaman kekeringan yang dapat menurunkan produktivitas bahkan gagal panen. Selain padi gogo rancah, salah satu kearifan petani sawah tadah hujan lainnya di pantai utara (pantura) Jawa Tengah adalah budi daya padi dengan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

sistem tanam pindah di mana tanah diolah secara minimum dan persemaian disiapkan beberapa hari sebelum padi musim pertama dipanen. Kearifan lokal tersebut dikenal dengan istilah "padi *walik* jerami". Kearifan lokal tersebut masih relevan di era pertanian maju-mandiri-modern terutama dalam upaya adaptasi perubahan iklim dan keberlanjutan produksi pertanian, khususnya tanaman padi. Bab ini bertujuan mengenalkan kearifan lokal dalam menghindari cekaman kekeringan di Jawa Tengah, yaitu sistem *walik* jerami di lahan sawah tadah hujan.

B. Dampak Perubahan Iklim pada Sektor Pertanian

Aktivitas manusia telah meningkatkan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) yang diemisikan ke atmosfer bumi yang menyebabkan pemanasan global. Pemanasan global menyebabkan peningkatan suhu rata-rata di planet bumi, yang dapat menyebabkan cuaca ekstrem, seperti gelombang panas, suhu yang lebih tinggi pada musim kemarau, serta perubahan pola dan intensitas curah hujan yang menyebabkan kekeringan dan banjir yang lebih parah. Menurut Undang-Undang Nomor 31 Tahun 2009, perubahan iklim adalah berubahnya iklim yang diakibatkan, baik langsung maupun tidak langsung, oleh aktivitas manusia yang menyebabkan perubahan komposisi atmosfer secara global serta perubahan variabilitas iklim alamiah yang teramati pada kurun waktu yang dapat dibandingkan (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2011a). Hal ini berarti perubahan iklim mengganggu sistem iklim di bumi yang sifatnya tidak dapat diperbaharui (*irreversible*).

Berdasarkan sifatnya, dampak perubahan iklim di sektor pertanian dapat bersifat terus-menerus, tidak terus-menerus, dan permanen, yang berpengaruh terhadap produktivitas dan keberlanjutan produksi pertanian. Dampak terus-menerus/kontinu berupa kenaikan suhu udara, perubahan pola hujan, dan kenaikan salinitas atau kadar garam pada air tanah. Dampak tidak terus-menerus/diskontinu, berupa gagal panen akibat peningkatan frekuensi dan intensitas kejadian banjir dan kekeringan, serta ledakan serangan OPT. Dampak permanen

Buku ini tidak diperjualbelikan.

berupa penurunan luasan area budi daya pertanian akibat intrusi air laut (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2011b). Beberapa faktor penyebab kerentanan tersebut, antara lain pola curah hujan yang tidak stabil, perubahan suhu, perubahan pola musim, peningkatan risiko hama dan penyakit, ketidakpastian pasar dan harga, dan ketergantungan pada sumber daya alami yang rentan, yang akhirnya akan mengganggu stabilitas ketahanan pangan. Ketahanan pangan adalah kemampuan dalam menyediakan pangan untuk semua orang, memperoleh pangan dengan mudah, cukup, aman, bergizi, serta produktif secara berkelanjutan untuk kehidupan yang aktif dan sehat (Mulyani dkk., 2022).

Perubahan iklim dapat menyebabkan kejadian iklim ekstrem, yaitu periode kekeringan berkepanjangan dan meningkatnya frekuensi kejadian banjir. Kejadian iklim ekstrem terutama El Niño dan La Niña menyebabkan, antara lain kegagalan panen, penurunan indeks pertanaman, penurunan produktivitas dan produksi pertanian, kerusakan sumber daya lahan pertanian, peningkatan kelembapan, dan peningkatan intensitas gangguan OPT (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2011a). Perubahan iklim dapat mengganggu ketersediaan dan harga bahan pangan. Kekurangan panen mengakibatkan peningkatan harga pangan dan ketidakpastian pasokan. Hal ini dapat berdampak negatif pada petani, terutama yang bergantung pada hasil panen untuk mata pencaharian dan pendapatan. Perubahan iklim, seperti kekeringan yang lebih parah dan perubahan pola curah hujan, dapat mengancam ketersediaan dan kualitas sumber daya ini. Kekurangan air yang berkepanjangan dapat mengurangi irigasi yang diperlukan untuk pertanian, sedangkan banjir dapat merusak struktur dan komposisi tanah serta mengganggu produktivitas pertanian.

Selain itu, sektor pertanian dipandang sebagai sumber emisi GRK, antara lain berasal dari lahan sawah. Gas rumah kaca utama dari lahan sawah tadah hujan adalah metana (CH_4) dan dinitrogen oksida (N_2O). Aktivitas manusia mendorong peningkatan konsentrasi kedua GRK tersebut, misalnya menurut Sutamihardja (2009) yang menyatakan bahwa konsentrasi CH_4 meningkat dari 715 ppb (era

Buku ini tidak diperjualbelikan.

praindustri) menjadi 1774 ppb (tahun 2005), dan konsentrasi N_2O meningkat dari 270 ppb (era praindustri) menjadi 319 ppb (tahun 2005), ppb = *part per billion*. Metana (CH_4) adalah hasil dekomposisi bahan organik dalam tanah pada kondisi anaerobik dengan bantuan mikroba metanogen (Oertel dkk., 2016), sedangkan dinitrogen oksida (N_2O) adalah produk antara atau samping pada proses mikrobiologis nitrifikasi (oksidasi NH_4^+ menjadi NO_3^- melalui NO_2^-) dan denitrifikasi (reduksi NO_3^- menjadi N_2O dan N_2) (Norberg dkk., 2021). N_2O diproduksi terutama oleh denitrifikasi dalam kondisi anaerobik (Adu-Poku dkk., 2022). Kedua gas ini (CH_4 dan N_2O) memiliki waktu paruh di atmosfer yang relatif panjang, masing-masing 12 dan 114 tahun. Daya pemanasan global satu molekul gas metana di troposfer 21 kali lebih tinggi daripada satu molekul CO_2, sedangkan gas N_2O mempunyai potensi pemanasan global 310 kali molekul CO_2 (Kang dkk., 2021).

Menurut Peraturan Presiden Nomor 98 Tahun 2021, adaptasi perubahan iklim adalah upaya yang dilakukan untuk meningkatkan kemampuan dalam menyesuaikan diri terhadap perubahan iklim, termasuk keragaman iklim dan kejadian ekstrem sehingga potensi kerusakan akibat perubahan iklim berkurang, peluang yang ditimbulkan oleh perubahan iklim dapat dimanfaatkan, dan konsekuensi yang timbul akibat perubahan iklim dapat diatasi. Terkait dengan hal tersebut, area pertanian yang terdampak perubahan iklim dapat menyesuaikan diri melalui tindakan/aksi antisipasi pengaruh buruk iklim yang nyata atau dengan cara membangun strategi antisipasi dan memanfaatkan peluang-peluang yang menguntungkan. Menurut Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (2011a), adaptasi adalah kemampuan organisme (manusia, ternak, tanaman) untuk menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan, baik bersifat mikro maupun makro, baik langsung maupun tidak langsung akibat perubahan iklim agar tetap dapat menjalankan fungsi biologis secara wajar. Penerapan upaya adaptasi dapat sebagai *co-benefit* untuk tindakan mitigasi, yaitu kegiatan tersebut sekaligus dapat mengurangi emisi GRK, meningkatkan serapan karbon, dan/atau penyimpanan/

Buku ini tidak diperjualbelikan.

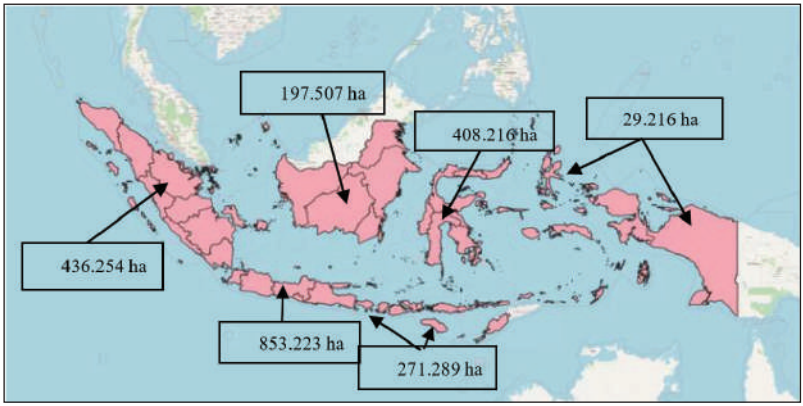
penguatan cadangan karbon dalam tanah. Aksi adaptasi di sektor pertanian merupakan prioritas, terutama untuk menjamin ketersediaan dan ketahanan pangan, di mana lahan sawah tadah hujan adalah penyumbang beras terbesar setelah lahan sawah beririgasi.

C. Lahan Sawah Tadah Hujan di Indonesia

Indonesia memiliki sumber daya lahan yang cukup luas dan potensial untuk dimanfaatkan sebagai area budi daya tanaman pertanian, antara lain untuk tanaman pangan. Berdasarkan Mulyani dkk. (2022), Indonesia memiliki lahan sawah tadah hujan sekitar 29,4% dari luasan sawah total (7.463.950 ha). Lahan sawah tadah hujan tersebar di semua pulau besar, yaitu Sumatra, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Bali dan Nusa Tenggara, serta Maluku dan Papua (Kasno dkk., 2016; Mulyani dkk., 2022) dengan luasan masing-masing 436.254, 853.223, 197.507, 408.216, 271.289, dan 29.216 ha (Mulyani dkk., 2022) (Gambar 3.1). Daerah dengan lahan sawah tadah hujan yang luas di Jawa Tengah dapat dikategorikan beriklim kering karena curah hujan tahunan <2.000 mm, yang merupakan sumber pengairan utamanya (Al Viandari dkk., 2022). Lahan sawah tadah hujan di Jawa Tengah terkonsentrasi di Kabupaten Rembang, Kabupaten Pati, Kabupaten Blora, dan Kabupaten Demak. Selama tahun kering, petani sawah tadah hujan hanya dapat menanam padi sekali dalam setahun, tetapi pada tahun basah mereka dapat menanam padi dua kali setahun.

Lahan sawah tadah hujan dihadapkan pada lingkungan yang lebih kompleks daripada agroekologi lahan sawah lainnya. Padi sawah tadah hujan ditanam di lahan tanpa kontrol air, yang sumber airnya hanya tergantung dari curah hujan sehingga kondisi hidrologinya sering kali berfluktuasi dari kondisi basah menjadi kering selama musim tanam yang sama. Hal ini berdampak terhadap perubahan ketersediaan unsur hara pada periode oksidasi dan reduksi tanah yang silih bergantian. Dampak cekaman kekeringan dapat diperparah oleh kekahatan hara dan toksisitas kimiawi dalam tanah (Wade dkk., 1998). Pengelolaan antropogenik lahan sawah tadah hujan memengaruhi dinamika laju produksi dan emisi GRK (Mulyadi & Wihardjaka,

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Mulyani dkk. (2022)

Gambar 3.1 Sebaran Lahan Sawah Tadah Hujan Antarpulau di Indonesia

2014). Kondisi basah-kering silih berganti di lahan sawah tadah hujan dapat menurunkan emisi CH_4 dan N_2O sebesar 40% (Khatri-Chhetri dkk., 2023).

Tipikal pola tanam yang umum petani terapkan di lahan sawah tadah hujan di Jawa Tengah, khususnya lahan di bagian utara pantai utara (pantura) adalah padi sebar langsung (gogo rancah) yang tumbuh dari bulan Oktober hingga Februari (awal musim penghujan), diikuti padi sawah tanam pindah yang tumbuh dari Maret hingga Juni (akhir musim penghujan/awal musim kering), diikuti tanaman palawija (jagung, kacang-kacangan, ubi jalar) atau semangka biji/kuaci. Cekaman kekeringan sering terjadi pada pertanaman padi sawah tadah hujan, terutama pada padi musim tanam kedua. Cekaman kekeringan menjadi salah satu tantangan dalam upaya meningkatkan produktivitas tanaman padi sawah tadah hujan (Wihardjaka, Pramono, & Sutriadi, 2020). Produktivitas padi sawah tadah hujan relatif rendah, yaitu rata-rata tahunan 4,2±1,15 ton/ha dengan indeks pertanamannya lebih rendah daripada sawah irigasi (Mulyani dkk., 2022). Rata-rata indeks pertanaman pada sawah beririgasi adalah 2, artinya lahan sawah irigasi dapat ditanami dua kali dalam setahun (Mulyani dkk., 2022). Menurut penelitian Boling dkk., (2004, 2007), rata-rata hasil padi musim penghujan (gogo rancah) di Jawa Tengah

Buku ini tidak diperjualbelikan.

berkisar 3,5–6,5 ton/ha, sedangkan padi musim kedua atau padi sawah tanam pindah (*walik* jerami) berkisar 1,2–3,0 ton/ha. Hasil padi gogo rancah pada musim penghujan tahun 2018–2020 di Kabupaten Rembang dan Kabupaten Blora lebih tinggi daripada di Kabupaten Pati (Tabel 3.1).

Tabel 3.1 Luas Lahan Sawah Tadah Hujan dan Rata-Rata Hasil Padi Gogo Rancah di Blora, Rembang, dan Pati Tahun 2018–2020

Kabupaten	Luas Lahan Sawah Tadah Hujan (ha)	Rata-Rata Hasil Gabah (ton/ha)		
		2018	2019	2020
Blora	30,573	4,07	4,07	5,30
Pati	21,025	3,61	2,55	3,23
Rembang	20,803	5,00	4,40	4,05

Sumber: Al Viandari dkk. (2022)

Produktivitas padi *walik* jerami lebih rendah daripada padi gogo rancah disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain defisit ketersediaan air, rentan terhadap serangan organisme pengganggu tanaman, dan serapan hara relatif rendah. Cekaman kekeringan mengakibatkan berbagai perubahan fisiologis dan biokimia pada berbagai tahap/fase pertumbuhan tanaman padi. Akar adalah organ tanaman utama untuk mendeteksi perubahan tersebut yang memegang peran vital dalam menanggapi cekaman air. Padi sawah tadah hujan menghadapi kondisi air tanah yang berfluktuasi dan beberapa genotipe padi menunjukkan adaptasi terhadap kondisi tersebut dengan meningkatkan pertumbuhan akar sebelum dan selama tahap awal kekeringan. Varietas spesifik untuk sawah tadah hujan yang sangat diharapkan adalah yang mampu menembus lapisan kedap, suatu kemampuan penting untuk membangun sistem perakaran yang dalam guna meningkatkan adaptasi terhadap cekaman kekeringan dan mengoptimalkan serapan hara untuk pertumbuhan tanaman yang lebih baik (Nikmah & Musni, 2019; Kim dkk., 2020). Defisit air dan kekeringan nyata berdampak terhadap mobilitas dan serapan hara, terutama N, P, K, akibat kan-

Buku ini tidak diperjualbelikan.

dungan lengas tanah yang rendah (Raza dkk., 2013; Al Viandari dkk., 2022). Oleh karena itu, hal ini menjadi tantangan untuk meningkatkan produktivitas padi musim tanam kedua (*walik* jerami) melalui penerapan inovasi teknologi adaptif.

Hasil padi sawah tadah hujan yang rendah dan tidak stabil disebabkan oleh berbagai kendala, antara lain kesuburan tanah rendah, ketersediaan air dari curah hujan tidak menentu, rentan terhadap cekaman kekeringan, serangan OPT, atau kombinasi dari faktor-faktor tersebut (Boling dkk., 2004; Boling dkk., 2007). Pola curah hujan yang tidak dapat diprediksi tersebut menyebabkan masalah serius bagi lahan sawah tadah hujan yang dapat berkontribusi terhadap kekeringan. Curah hujan tahunan di pantai utara Jawa Tengah bagian timur rata-rata 1.500 mm, di mana bulan dengan intensitas curah hujan relatif tinggi ialah pada bulan Desember, Januari, dan Februari (Al Viandari dkk., 2022). Bahkan, hasil pengukuran curah hujan tahunan di Kabupaten Pati sering kali kurang dari 1.000 mm per tahun, misal 841 mm/tahun (tahun 2015) dan 977 mm/tahun (tahun 2019) (Al Viandari dkk., 2022). Di daerah dengan frekuensi 3–4 bulan basah atau 8–9 bulan kering, peluang terjadinya kekeringan relatif sangat besar. Tanaman padi memerlukan curah hujan bulanan minimal 200 mm untuk tumbuh secara normal. Bagi sebagian petani yang mempunyai lahan relatif luas, mereka telah menerapkan teknologi embung untuk menampung kelebihan air hujan pada bulan-bulan tersebut. Air hujan akan dipanen untuk menyelamatkan tanaman padi pada musim tanam berikutnya. Menurut hasil penelitian Dianga dkk. (2022), kebutuhan air sebesar 200 mm per bulan menjamin keberhasilan pertumbuhan dan perkembangan tanaman padi di lahan sawah tadah hujan. Perbaikan diperlukan melalui penerapan teknologi yang mampu mengungkit produktivitas tanaman melalui perwujudan aksi adaptasi terhadap perubahan iklim dan tentunya juga sebagai upaya mitigasi emisi GRK.

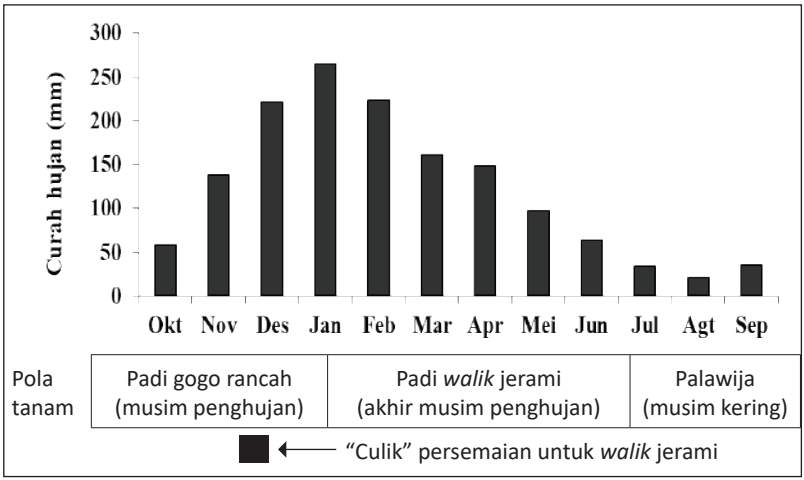
Buku ini tidak diperjualbelikan.

D. Kearifan Lokal Sistem *Walik* Jerami: Upaya Adaptif Sistem Budi Daya Padi Sawah Tadah Hujan

Salah satu kearifan lokal oleh petani sawah tadah hujan adalah penerapan sistem *walik* jerami, yang dipraktikkan pada budi daya padi di musim tanam kedua. Setelah panen padi musim pertama (gogo rancah), petani sebagian besar melanjutkan budi daya padi pada musim tanam kedua di mana kondisi tanah masih basah atau *macak-macak*. Petani di pantura Jawa Tengah juga menyiasati kondisi curah hujan dan kelengasan tanah di lahannya dengan menerapkan sistem "culik" untuk budi daya padi tanam pindah, yaitu mempersiapkan persemaian tiga atau empat minggu sebelum padi musim tanam pertama (gogo rancah) dipanen dan tanah diolah secara minimum segera setelah panen padi gogo rancah. Petani padi sawah tadah hujan umumnya *titen* (mengingat dengan baik dari pengalaman yang berulang) bahwa lahan masih basah atau *macak-macak* setelah panen padi musim tanam pertama dan hal itu mendorong petani merasa "sayang" apabila dibiarkan *bera* (lahan yang dibiarkan tanpa tanaman budi daya). Tanah diolah sekali dengan membalikkan tanah yang masih tersisa tunggul jeraminya. Petani lokal menyebutkan dengan istilah sistem *walik* jerami. Pengolahan tanah yang minimum tersebut tidak disertai oleh pelumpuran dan perataan lahan seperti sistem irigasi. Dalam sistem *walik* jerami, olah tanah minimum tanpa pelumpuran merupakan pertanian konservasi yang membantu petani mengurangi biaya produksi sekaligus meningkatkan kesehatan tanah, keragaman hayati, dan ketepatan waktu budi daya. Persemaian dan penetapan tanam pindah pada sistem *walik* jerami ditampilkan pada Gambar 3.2.

Walik jerami atau *malik dami* secara harafiah diartikan sebagai upaya membenamkan jerami ke dalam tanah dengan cara tanah dibalik sekali saja dengan menggunakan cangkul. Melalui kreativitasnya, petani menyiapkan lahan sesegera mungkin untuk dapat ditanami tanaman padi berikutnya. Keberhasilan sistem *walik* jerami secara tidak langsung ditentukan oleh ketepatan waktu tanam padi musim pertama. Persemaian benih padi dipersiapkan pada saat tanaman padi

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Wihardjaka, Pramono, dan Sutriadi (2020)

Gambar 3.2 Persemaian "Culik" pada Beberapa Hari sebelum Padi Musim Tanam Pertama Dipanen yang Umum Diterapkan di Lahan Sawah Tadah Hujan di Kabupaten Pati

musim pertama memasuki fase masak susu/pengisian bulir gabah (Gambar 3.3a). Sementara itu, pengolahan tanah secara minimum sebagai media tanam pindah (tapin) padi *walik* jerami dilakukan segera setelah panen padi gogo rancah (Gambar 3.3b). Apabila curah hujan menjelang musim penghujan dapat membuat tanah beraroma "wangi", padi pertama harus ditanam dan harapannya ialah pada waktu panen kondisi tanah masih *macak-macak*, yang dapat dimanfaatkan untuk tanam padi berikutnya dengan sistem *walik* jerami. Tanpa "culik" persemaian, tanaman padi sawah musim tanam kedua selalu menderita cekaman kekeringan, apalagi jika tidak tersedia atau memperoleh dukungan dari panen air hujan yang ditampung dalam embung.

Pembalikan tanah membantu pembusukan sisa jerami dan sekam padi. Pemberian dekomposer dapat dianjurkan untuk mempercepat dekomposisi sisa jerami dan sekam padi dalam tanah agar pertumbuhan awal tanaman padi *walik* jerami terhindar dari keracunan asam-asam organik. Penggunaan dekomposer dapat berupa dekomposer

Buku ini tidak diperjualbelikan.



(a) (b)

Keterangan: (a) Persemaian dengan sistem "culik"; (b) Olah tanah secara minimum
Sumber: (a) Dokumentasi kegiatan proyek RLRC IRRI 1995–2000; (b) Ladha dkk. (1998)

Gambar 3.3 Budi Daya Padi *Walik* Jerami pada Lahan Sawah Tadah Hujan di Jawa Tengah

komersial ataupun mikroorganisme lokal (MOL) dari bahan-bahan alami yang tersedia di lingkungan, yaitu bonggol pisang, limbah nanas, dan sebagainya. MOL, selain sebagai perombak bahan organik, dapat digunakan sebagai pupuk hayati atau pestisida organik (Nurrahma & Melati, 2013). Menurut Yan dkk. (2019) dalam Al Viandari dkk. (2022), selama lima tahun terungkap bahwa pelepasan C, N, P, K, selulosa, dan hemiselulosa dalam kompos terjadi pada tahun pertama dan kedua setelah pengomposan jerami.

Dengan menerapkan padi tanam pindah sistem *walik* jerami, petani berharap agar pertanaman padi dapat dipetik hasilnya dan terhindar dari cekaman kekeringan di akhir fase vegetatif hingga fase pemasakan butir gabah. Keterlambatan dalam menentukan saat tanam padi sawah tadah hujan akan menyebabkan kehilangan hasil akibat peningkatan serangan OPT dan kekurangan kelengasan tanah, bahkan memungkinkan terjadi puso atau gagal panen. Komponen produksi lainnya dalam budi daya padi dengan sistem *walik* jerami relatif sama dengan budi daya padi sawah tanam pindah pada umumnya.

Strategi adaptasi dampak perubahan iklim di lahan sawah tadah hujan dapat dilakukan dengan menyesuaikan sistem usaha tani, ter-

Buku ini tidak diperjualbelikan.

utama pola tanam, jenis tanaman dan varietas, dan sistem pengolahan tanah. Penerapan sistem *walik* jerami harus didukung dengan inovasi teknologi adaptif. Upaya adaptasi terhadap dampak perubahan iklim di lahan tadah hujan dapat dilakukan dengan inovasi teknologi adaptif, seperti penggunaan varietas padi umur pendek/genjah, varietas padi toleran kekeringan, varietas padi tahan terhadap rendaman, teknologi panen air hujan, teknologi surjan, penerapan kalender tanam, dan penerapan pola tanam yang menyiasati ketidakmenentuan curah hujan, dan teknologi embung/dam parit (Wihardjaka, Pramono, & Sutriadi, 2020).

Produktivitas padi *walik* jerami umumnya lebih rendah daripada produktivitas padi gogo rancah. Tantangan ke depan, kegiatan penelitian dan pengembangan masih diperlukan untuk menghasilkan perbaikan atau terobosan/inovasi teknologi adaptif sebagai pengungkit produktivitas padi *walik* jerami, baik dari aspek tanaman, lingkungan tumbuh, faktor abiotik lainnya, status hara, dan pengelolaan air. Budi daya padi dengan sistem *walik* jerami sebaiknya mengikuti pendekatan pengelolaan tanaman terpadu, seperti penggunaan benih berkualitas dan unggul, pemupukan berimbang berdasar status hara dalam tanah dan kebutuhan tanaman, pengendalian gulma dilakukan secara manual (*matun*) atau peralatan sederhana, seperti *usrok*/"landak", serta pengendalian hama dan penyakit tanaman secara terpadu.

E. Integrasi Teknologi Adaptif Kekeringan pada Sistem *Walik* Jerami

Penggunaan varietas padi tahan kekeringan yang berumur pendek atau genjah dianjurkan menjadi alternatif petani untuk budi daya sistem *walik* jerami. Kementerian Pertanian Republik Indonesia telah melepas beberapa varietas padi yang tahan terhadap kekeringan, antara lain Inpago 5, Inpari 1, Inpari 10, Inpari 11, Inpari 12, Inpari 13, Mekongga, Cigeulis, Dodokan, Silugonggo, Situ Bagendit, Situ Patenggang, dan Limboto. Beberapa varietas padi toleran terhadap kekeringan juga dapat digunakan untuk lahan sawah tadah hujan, antara lain Cakrabuana Agritan (umur 104 hari), Sidenuk (umur

Buku ini tidak diperjualbelikan.

103 hari), Inpari 18, Inpari 19, Inpari 20 (umur 93–102 hari), dan varietas padi yang spesifik untuk sawah tadah hujan, seperti Inpari 38 (umur 105 hari), Inpari 39 (umur 115 hari), dan Inpari 41 (umur 114 hari). Noviana dkk. (2021) melaporkan bahwa Inpari 39, Cakrabuana, Inpago 11, Rindang 1, dan Luhur 1 memiliki potensi tahan kekeringan dan dapat digunakan di lahan sawah tadah hujan dengan produktivitas rata-rata 6–7 ton/ha. Lebih lanjut, menurut mereka, Cakrabuana memiliki hasil gabah tertinggi, yaitu rata-rata 7,15 ton/ha dan masak pada umur 85 hari setelah tanam (Al Viandari dkk., 2022). Sebagian besar petani di sawah tadah hujan Jawa Tengah secara teratur menggunakan varietas padi irigasi untuk lahan tadah hujan, seperti Inpari 32, Ciherang, dan Inpari 42. Para petani belum sepenuhnya menggunakan varietas yang khusus untuk tadah hujan yang disebabkan oleh kurangnya pengetahuan tentang padi varietas padi sawah tadah hujan yang telah ada dan dilepas Kementerian Pertanian (Al Viandari dkk., 2022).

Varietas padi yang bersifat amfibi juga dapat dibudidayakan di lahan sawah tadah hujan sesuai karakternya yang bisa digunakan pada kondisi tergenang ataupun kekeringan. Kementerian Pertanian mengantisipasi dampak iklim ekstrem dengan melepas beberapa varietas padi amfibi yang toleran terhadap kekeringan dan genangan, yaitu Limboto, Batutegi, Towuti, Situ Patenggang, Situ Bagendit, Inpari 10 Laeya, Inpago 4, Inpago 5, Inpago 6, Inpago 7, Inpago 8, dan Inpago 9. Potensi hasil varietas amfibi tersebut terlihat dalam Tabel 3.2.

Penggunaan varietas tahan kekeringan merupakan tindakan preventif untuk mengurangi kehilangan hasil selama musim kering. Kerugian hasil tanaman padi akibat kekeringan tergantung pada fase pertumbuhan dan durasi kekeringan (El-Nahhal & El- Nahhal, 2021; Raza dkk., 2013). Ketika defisit air terjadi selama fase pertumbuhan vegetatif, produksi bahan kering total menurun saat panen karena pertumbuhan yang lambat dan produksi jumlah anakan yang lebih sedikit. Cekaman kekeringan selama fase pertumbuhan reproduksi pada dasarnya memengaruhi semua aspek pertumbuhan dan perkembangan tanaman padi. Defisit air menghambat proses fotosintesis

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Tabel 3.2 Potensi Hasil Gabah dari Beberapa Varietas Padi Amfibi

Varietas Padi	Umur (hss)	Potensi Hasil (ton/ha)
Limboto	125	6,0
Batutegi	120	6,0
Towuti	115	7,0
Situ Patenggang	120	6,0
Situ Bagendit	120	6,0
Inpari 10 Laeya	112	7,0
Inpago 4	124	6,1
Inpago 5	118	6,2
Inpago 6	118	6,2
Inpago 7	111	7,4
Inpago 8	119	8,1
Inpago 9	109	8,4

Keterangan: hss = hari setelah sebar
Sumber: Wihardjaka, Pramono, dan Sutriadi (2020)

pada tanaman padi yang menurunkan bobot butir gabah (Halder dkk., 2019). Menurut Pandey & Shukla (2015), beberapa tanggapan tanaman terhadap kekeringan adalah penurunan tinggi tanaman, berat biomassa, indeks perkecambahan, dan mengurangi jumlah stomata dan klorofil daun yang dapat menurunkan proses dan hasil fotosintesis. Pada kondisi terjadi cekaman kekeringan, kehilangan hasil dapat diminimalkan dengan pasokan hara kalium (K) yang cukup dalam konsep pemupukan berimbang (Raza dkk., 2013). Tanaman yang mengalami cekaman kekeringan membutuhkan lebih banyak K internal. Keterbatasan pupuk kalium mendorong petani untuk memanfaatkan abu "layan" atau abu dapur sebagai pengganti pupuk K, terutama diberikan pada fase pertumbuhan vegetatif tanaman padi.

Seperti telah disinggung sebelumnya, penerapan teknologi adaptif sebagai aksi adaptasi sekaligus merupakan *co-benefit* dari aksi tersebut, yaitu penurunan emisi GRK penyebab pemanasan global

Buku ini tidak diperjualbelikan.

dan perubahan iklim. Misalnya, penggunaan varietas padi berumur pendek/genjah dalam aksi adaptasi ternyata juga berkontribusi terhadap penurunan emisi GRK. Beberapa varietas umur pendek/genjah memberikan nilai emisi GRK relatif rendah, antara lain IR64, IR36, Inpari 13, Way Apoburu, dan Dodokan. Emisi GRK melalui tanaman padi ke atmosfer, selain dipengaruhi oleh karakteristik varietas seperti morfologi, fisiologis, dan daya oksidasi di perakaran, juga ditentukan oleh kelengasan tanah, ketersediaan bahan organik yang mudah terdegradasi, keasaman tanah (pH), suhu tanah, dan mikroba metanogen maupun metanotrof di perakaran tanaman padi (Mulyadi & Wihardjaka, 2014). Dari hasil penelitian Wihardjaka, Yulianingsih, dan Yulianingrum (2020), beberapa varietas unggul dengan umur pendek/genjah mempunyai indeks emisi relatif rendah (Tabel 3.3). Indeks emisi dapat digunakan sebagai panduan memilih varietas padi dengan daya hasil tinggi, tetapi rendah emisi. Produktivitas dan daya emisi GRK varietas padi dapat diketahui dari indeks emisi. Indeks emisi menggambarkan volume emisi GRK melalui tanaman padi untuk setiap kg atau ton gabah yang dihasilkan (Mulyadi & Wihardjaka, 2014). Indeks emisi dihitung dari pembagian antara emisi GRK dan hasil gabah (Wihardjaka, Yulianingsih, & Yulianingrum, 2020). Misalnya, indeks emisi dari varietas Dodokan sebesar 0,017 kg CH_4/kg gabah, artinya setiap 1 kg gabah dilepaskan/diemisikan metana sebesar 17 g CH_4 (Tabel 3.3).

Sebagian besar petani lahan sawah tadah hujan belum sepenuhnya memberikan pupuk sesuai kebutuhan tanaman dan status hara dalam tanah. Penerapan pemupukan berimbang meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk sekaligus menurunkan emisi GRK, terutama dinitrogen oksida (N_2O). Dalam pemupukan berimbang, lahan sawah tadah hujan juga memerlukan pasokan bahan organik untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanahnya. Pemberian bahan organik pada tanah sawah cenderung meningkatkan emisi GRK. Namun, bahan organik yang "matang" (nisbah C/N rendah) menghasilkan GRK lebih rendah, seperti jerami padi yang dikomposkan memberikan indeks emisi lebih rendah dibandingkan pupuk kandang dari kotoron sapi, jerami segar, dan pupuk hijau *Sesbania* spp.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Tabel 3.3 Indeks Emisi dari Beberapa Varietas Padi Unggul

Varietas	Umur (hari)	Indeks Emisi (kg CH_4/ kg gabah)	Varietas	Umur (hari)	Indeks Emisi (kg CH_4/ kg gabah)
Memberamo	115–120	0,024	Inpari 20	102	0,027
IR64	110–120	0,010	Inpari 23	113	0,037
IR36	110–120	0,017	Inpari 24	111	0,020
Dodokan	75	0,017	Inpari 29	110	0,030
Way Apoburu	115–120	0,016	Inpari 30	111	0,038
Ciherang	116–125	0,025	Inpari 31	112	0,036
Inpari 13	99	0,017	Inpari 32	120	0,030
Inpari 18	102	0,033	Inpari 33	107	0,032
Inpari 19	104	0,024			

Sumber: Mulyadi dan Wihardjaka (2014), Wihardjaka (2015), Wihardjaka, Yulianingsih, dan Yulianingrum (2020)

(Tabel 3.4). Bahan organik matang selain dapat memasok sebagian besar hara esensial juga meningkatkan cadangan karbon dalam tanah dan secara tidak langsung sebagai upaya mitigasi emisi GRK.

Tabel 3.4 Indeks Emisi GRK dari Beberapa Bahan Organik di Lahan Sawah Tadah Hujan

Bahan Organik	Indeks Emisi (kg CH_4/kg gabah)
Tanpa bahan organik	0,054
Pupuk kandang kotoran sapi 5 ton/ha	0,048
Jerami segar 5 ton/ha	0,059
Jerami dikomposkan 5 ton/ha	0,033
Pupuk hijau *Sesbania* spp. 5 ton/ha	0,082

Sumber: Data dihitung dari Wihardjaka dan Harsanti (2021)

Pengendalian OPT secara terpadu perlu dilakukan secara intensif selama fase pertumbuhan padi sistem *walik* jerami untuk mencegah kehilangan hasil yang nyata. Dengan memperhatikan kelestarian lingkungan, penggunaan bahan alami, seperti pestisida hayati, baik

Buku ini tidak diperjualbelikan.

yang berasal dari mikroba maupun nabati, sangat dianjurkan. Bahan-bahan alami potensial menggantikan pestisida kimiawi yang tersedia melimpah dan mudah diperoleh di sekitar lingkungan kegiatan pertanian. Indonesia mempunyai ±2.000 jenis tumbuhan yang berpotensi menghasilkan beragam formula pestisida nabati. Beberapa bahan berbasis sumber daya lokal dapat digunakan sebagai pestisida nabati, misalnya kunyit, daun randu, biji srikaya, daun kenikir, daun/biji mimba, daun/biji mindi, biji mahoni, bengkoang, serai, biji sirsak, daun selasih, daun kemangi, akar tuba, daun sembung, cengkih, daun sirih, serai, pinang, tembakau, dan brotowali (Sutriadi dkk., 2019). Tumbuhan yang mengandung senyawa fitokimia, seperti eugenol, alkaloid, polifenol, tanin, dan saponin, dapat dimanfaatkan sebagai pestisida nabati (Sutriadi dkk., 2019). Pemberian rutin pestisida nabati oleh petani di lahan tadah hujan di Pati dan Grobogan memberikan hasil gabah kering panen rata-rata lebih tinggi 0,8%; 24,8%; dan 48,7% dibandingkan tanpa insektisida nabati masing-masing pada varietas Mekongga, Situ Bagendit, dan Ciherang (Sutriadi dkk., 2019).

Dalam pendekatan pengendalian OPT secara terpadu, penggunaan pestisida kimiawi menjadi pilihan terakhir dengan mempertimbangkan batas ambang ekonomi serangan OPT (Tabel 3.5). Secara

Tabel 3.5 Ambang Ekonomi Serangan Beberapa Hama pada Tanaman Padi

Hama Padi	Ambang Ekonomi tunggal	Fase Pertumbuhan
Wereng coklat	9 ekor per rumpun	Kurang dari 40 hst
	18 ekor per rumpun	Lebih dari 40 hst
Penggerek batang	4 hari setelah penerbangan: 6% sundep	Vegetatif/generatif
	9% beluk	Vegetatif/reproduktif
Walang sangit	10 ekor per rumpun	Masak susu
Pelipat daun	13% daun rusak	Vegetatif
Penggulung daun	25% daun rusak	Kurang dari 40 hst
	15% daun rusak	Lebih dari 40 hst

Keterangan: hst = hari setelah tanam

Sumber: Diratmaja dan Zakiah (2015) dalam Sutriadi dkk. (2019)

Buku ini tidak diperjualbelikan.

umum, petani cenderung menggunakan pestisida kimiawi dengan alasan pestisida tersebut lebih nyata hasilnya dalam mengendalikan OPT dalam jangka waktu pendek. Namun, penggunaan yang berlebihan, tidak tepat, dan tidak bijaksana dalam jangka panjang akan membahayakan lingkungan dan kesehatan manusia. Paparan pestisida dalam jangka panjang akan mengganggu kesehatan organ mata, kulit, pernapasan, jantung, pencernaan, dan sistem saraf (Sutriadi dkk., 2019).

Upaya adaptasi dampak perubahan iklim di lahan sawah tadah hujan secara tidak langsung sekaligus merupakan keuntungan dalam upaya mitigasi emisi GRK. Dengan kata lain, upaya adaptasi merupakan *co-benefit* untuk tindakan mitigasi emisi GRK. Menurut Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (2019), strategi penurunan emisi metana dari tanah sawah tadah hujan meliputi penerapan sistem tanpa olah tanah, penggantian pupuk urea *prill* dengan amonium sulfat atau urea tablet, serta penggantian varietas padi dengan varietas padi unggul dengan emisi rendah.

Produktivitas budi daya padi dengan sistem *walik* jerami umumnya lebih rendah daripada produktivitas padi gogo rancah. Berbagai terobosan dengan strategi terintegrasi diperlukan untuk mengungkit produktivitas padi *walik* jerami, minimal mendekati produktivitas padi gogo rancah. Peningkatan produktivitas padi sawah sistem *walik* jerami harus didukung dengan komitmen, pemahaman, dan keterampilan yang tepat dengan mempertimbangkan faktor-faktor spesifik lokasi, seperti sumber daya tanah, iklim, dan infrastruktur pertanian yang tersedia di sekitarnya. Beberapa tahapan atau strategi terintegrasi yang dipertimbangkan, antara lain

1) pemilihan varietas unggul yang sesuai untuk agroekologi lahan sawah tadah hujan dan memiliki potensi hasil tinggi, serta tahan terhadap OPT dan cekaman abiotik lingkungan;
2) pengelolaan tanah yang baik dan optimal, seperti penggunaan pupuk organik dan anorganik yang sesuai, untuk dapat menyediakan kebutuhan tanaman padi akan hara dan memudahkan jelajah akar dalam menyerap hara dan lengas tanah; pemberian

Buku ini tidak diperjualbelikan.

bahan organik, seperti kompos, dan pengembalian jerami padi ke dalam tanah dapat meningkatkan kualitas tanah, mempertahankan kelembapan, dan mengurangi erosi tanah, pastikan jerami dihancurkan dengan baik sebelum ditanamkan agar tidak mengganggu pertumbuhan padi;

3) pengelolaan air secara bijaksana dan efisien melalui pemanfaatan air hujan dengan teknologi embung untuk menjamin pasokan air yang cukup terutama pada fase-fase pertumbuhan kritis, termasuk fase pembentukan malai atau pengisian bulir gabah;
4) pengendalian OPT secara terpadu dan terintegrasi, termasuk penggunaan varietas tahan hama dan penyakit, dan praktik budi daya yang mencegah penyebaran penyakit;
5) penggunaan teknologi pertanian modern, seperti pemantauan lahan melalui sensor atau aplikasi *mobile*, untuk memantau pertumbuhan tanaman dan mengidentifikasi masalah potensial dengan cepat;
6) pendekatan rotasi tanaman untuk mencegah akumulasi patogen dan hama tertentu dalam tanah; tanaman sela yang sesuai dapat membantu mempertahankan kesuburan tanah dan mengurangi risiko penyakit;
7) pendidikan dan pelatihan kepada petani tentang praktik pertanian yang baik dan pengenalan inovasi terbaru dalam budi daya padi, akan membantu petani memahami metode terbaru untuk meningkatkan produktivitas tanaman;
8) pemantauan secara teratur terhadap pertumbuhan tanaman dan hasil panen; evaluasi hasil ini akan membantu dalam mengidentifikasi area-area yang perlu ditingkatkan dan memperbaiki pendekatan yang digunakan; dan
9) siaganya pengambil kebijakan, akademisi, peneliti, atau pakar pertanian lainnya dalam pendampingan terhadap petani untuk memberikan saran dan panduan yang lebih mendalam tentang pendekatan spesifik yang dapat diterapkan dalam budi daya padi dengan sistem *walik* jerami pada musim kemarau.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

F. Penutup

Melalui kajian panjang, Kementerian Pertanian telah berhasil menyediakan teknologi unggul (inovatif) yang adaptif terhadap kekeringan akibat kejadian iklim ekstrem. Selain itu, kearifan lokal yang telah diterapkan oleh masyarakat secara turun-temurun terbukti tahan terhadap ancaman kekeringan. Selain penerapan padi gogo rancah, budi daya padi *walik* jerami merupakan salah satu kearifan lokal di lahan sawah tadah hujan di Jawa Tengah untuk menyelamatkan padi musim tanam kedua dari cekaman kekeringan. Budi daya padi dengan sistem *walik* jerami adalah suatu upaya adaptasi kekeringan pada musim tanam ke-2 di lahan sawah tadah hujan. Pada sistem *walik* jerami ini, persemaian disiapkan dengan "culik" beberapa hari sebelum tanaman padi musim tanam pertama (biasanya padi gogo rancah) dipanen dan tanah segera diolah secara minimum untuk tanam pindah padi musim tanam kedua. Upaya adaptasi tersebut sekaligus dapat menjadi upaya mitigasi emisi gas rumah kaca melalui komponen teknologi yang diterapkan dalam budi daya padi dengan sistem *walik* jerami.

Produktivitas padi *walik* jerami umumnya lebih rendah daripada produktivitas padi gogo rancah. Tantangan ke depan, integrasi kearifan lokal dengan inovasi teknologi yang sesuai diperlukan untuk menghasilkan perbaikan atau terobosan/inovasi teknologi adaptif sebagai pengungkit produktivitas padi *walik* jerami. Budi daya padi dengan sistem walik jerami sebaiknya diintegrasikan dengan penggunaan varietas toleran kekeringan dan berumur genjah, pemupukan berimbang, pengendalian gulma, pengendalian hama dan penyakit tanaman secara terpadu, pemanfaatan sumber air alternatif, seperti embung, serta penggunaan air permukaan.

Referensi

Adu-Poku, D., Ackerson, N. O. B., Devine, R. N. O. A., & Addo, A. G. (2022). Climate mitigation efficiency of nitrification and urease inhibitors: impact on N_2O emission–A review. *Scientific African*, *16*, e01170. https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01170

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Al Viandari, N., Wihardjaka, A., Pulunggono, H. B., & Suwardi. (2022). Sustainable development strategies of rainfed paddy fields in Central Java, Indonesia: A review. *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*, *37*(2), 275–288. https://doi.org/10.20961/carakatani.v37i2.58242

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. (2011a). *Pedoman umum: Adaptasi perubahan iklim sektor pertanian*.

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. (2011b). *Roadmap strategi sektor pertanian menghadapi perubahan iklim* (Edisi revisi).

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. (2019). *Pedoman umum: Inventarisasi gas rumah kaca dan mitigasi perubahan iklim sektor pertanian*.

Boling, A. A., Bouman, B. A. M., Tuong, T. P., Murty, M. V. R., & Jatmiko, S. Y. (2007). Modelling the effect of groundwater depth on yield-increasing interventions in rainfed lowland rice in Central Java, Indonesia. *Agricultural Systems*, *92*(1–3), 115–139. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2006.05.003

Boling, A., Tuong, T. P., Jatmiko, S. Y., & Burac, M. A. (2004). Yield constraints of rainfed lowland rice in Central Java, Indonesia. *Field Crops Research*, *90*(2–3), 351–360. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.04.005

Badan Pusat Statistik. (2021). *Statistik Indonesia 2021*. https://www.bps.go.id/publication/2021/02/26/938316574c78772f27e9b477/statistik-indonesia-2021.html

Dianga, A.-I., Musila, R. N., & Joseph, K. W. (2022). Rainfed rice farming production constrains and prospects, the Kenyan situation. Dalam M. Huang (Ed.), *Integrative advances in rice research.* IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.95205

El-Nahhal, I., & El-Nahhal, Y. (2021). Pesticide residues in drinking water, their potential risk to human health and removal options. *Journal of Environmental Management*, *299*. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113611

Halder, K., Islam, M., Manir, M., & Ali, M. (2019). Moisture Stress and Different Rates of Nutrients on Growth and Yield of Rice. *Bangladesh Rice Journal*, *22*(2), 23–30. https://doi.org/10.3329/brj.v22i2.44039

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Ladha, J. K., Wade, L. J., Dobermann, A., Reichardt, W., Kick, G., J. D., & Piggin, C. (Ed.). (1998). *Rainfed lowland rice: Advances in nutrients management research*. International Rice Research Institute. https://books.google.co.id/books/about/Rainfed_Lowland_Rice.html?id=qW5Ysc3-f40C&redir_esc=y

Kalsum, U., Sabat, E., & Imadudin, P. (2020). Analisa hasil rendemen giling dan kualitas beras pada penggilingan padi kecil keliling. *Agrosaintifika: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian, 2*(2), 125-130.

Kang, S. W., Yun, J. J., Park, J. H., Cheong, Y. H., Park, J. H., Seo, D. C., & Cho, J. S. (2021). Effects of biochar and barley straw application on the rice productivity and greenhouse gas emissions of paddy field. *Applied Biological Chemistry*, *64*(1). https://doi.org/10.1186/s13765-021-00666-7

Kasno, A., Rostaman, T., & Setyorini, D. (2016). Peningkatan produktivitas lahan sawah tadah hujan dengan pemupukan hara N, P, K dan penggunaan padi varietas unggul. *Jurnal Tanah dan Iklim, 40*(2), 147-157.

Khatri-Chhetri, A., Sapkota, T. B., Maharjan, S., Cheerakkollil Konath, N., & Shirsath, P. (2023). Agricultural emissions reduction potential by improving technical efficiency in crop production. *Agricultural Systems*, *207*, Article 103620. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103620

Kim, Y., Chung, Y. S., Lee, E., Tripathi, P., Heo, S., & Kim, K. H. (2020). Root response to drought stress in rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Molecular Sciences*, *21*(4), 12–14. https://doi.org/10.3390/ijms21041513

Mulyadi, M., & Wihardjaka, A. (2014). Emisi gas rumah kaca dan hasil gabah dari tiga varietas padi pada lahan sawah tadah hujan bersurjan. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, *33*(2), 116–121. https://doi.org/10.21082/jpptp.v33n2.2014.p116-121

Mulyani, A., Mulyanto, B., Barus, B., Panuju, D. R., Litbang, B., & Lahan, S. (2022). Analisis kapasitas produksi lahan sawah untuk ketahanan pangan nasional menjelang tahun 2045. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, *16*(1), 33–50. https://epublikasi.pertanian.go.id/berkala/jsl/article/view/3314

Nikmah, K., & Musni, M. (2019). Peningkatan kemampuan serapan nitrogen (N) tanaman padi (*Oryza sativa* L.) melalui mutasi gen secara kimiawi. *Agritrop*, *17*(1), 1–20. http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/AGRITROP/article/view/2182/1765

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Norberg, L., Hellman, M., Berglund, K., Hallin, S., & Berglund, Ö. (2021). Methane and nitrous oxide production from agricultural peat soils in relation to drainage level and abiotic and biotic factors. *Frontiers in Environmental Science*, *9*, 1–11. https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.631112

Noviana, I., Haryati, Y., Sari, R., & Sunandar, N. (2021). Adaptation to climate change by using drought tolerant and early maturing rice varieties in Majalengka Regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *648*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/648/1/012118

Nurrahma, A. H. I., & Melati, M. (2013). Pengaruh jenis pupuk dan dekomposer terhadap pertumbuhan dan produksi padi organik. *Buletin Agrohorti*, *1*(1), 149–155. https://doi.org/10.29244/agrob.1.1.149-155

Oertel, C., Matschullat, J., Zurba, K., Zimmermann, F., & Erasmi, S. (2016). Greenhouse gas emissions from soils—A review. *Chemie Der Erde*, *76*(3), 327–352. https://doi.org/10.1016/j.chemer.2016.04.002

Pandey, V., & Shukla, A. (2015). Acclimation and tolerance strategies of rice under drought stress. *Rice Science*, *22*(4), 147–161. https://doi.org/10.1016/j.rsci.2015.04.001

Peraturan Presiden Nomor 98 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon untuk Pencapaian Target Kontribusi yang Ditetapkan Secara Nasional dan Pengendalian Emisi Gas Rumah Kaca dalam Pembangunan Nasional. (2021). https://peraturan.go.id/id/perpres-no-98-tahun-2021

Raza, S. M. A., Farrukh Saleem, M., Mustafa Shah, G., Jamil, M., & Haider Khan, I. (2013). Potassium applied under drought improves physiological and nutrient uptake performances of wheat (*Triticum aestivun* L.). *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *13*(1), 175–185. https://doi.org/10.4067/s0718-95162013005000016

Sutamihardja, R. (2009). *Perubahan lingkungan global: Sebuah antologi tentang bumi kita*. Yayasan Pasir Luhur.

Sutriadi, M. T., Harsanti, E. S., Wahyuni, S., & Wihardjaka, A. (2019). Pestisida nabati: Prospek pengendali hama ramah lingkungan. *Jurnal Sumberdaya Lahan, 13*(2), 89–101.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Wade, L. J., George, T., Ladha, J. K., Singh, U., Bhuiyan, S. I., & Pandey, S. (1998). Opportunities to manipulate nutrient-by-water interactions in rainfed lowland rice systems. *Field Crops Research*, *56*(1–2), 93–112. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00142-1

Wihardjaka, A. (2015). Mitigasi emisi gas metana melalui pengelolaan lahan sawah. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, *34*(3), 95. https://doi.org/10.21082/jp3.v34n3.2015.p95-104

Wihardjaka, A., & Harsanti, E. S. (2021). Dukungan pupuk organik untuk memperbaiki kualitas tanah pada pengelolaan padi sawah ramah lingkungan. *Pangan, 30*(1), 53–64. https://doi.org/10.33964/jp.v30i1.496

Wihardjaka, A., Pramono, A., & Sutriadi, M. T. (2020). Peningkatan produktivitas padi sawah tadah hujan melalui penerapan teknologi adaptif dampak perubahan iklim. *Jurnal Sumberdaya Lahan, 14*(1), 25–36.

Wihardjaka, A., Yulianingsih, E., & Yulianingrum, H. (2020). Methane flux from high-yielding Inpari rice varieties in Central Java, Indonesia. *SAINS TANAH – Journal of Soil Science and Agroclimatology*, *17*(2), 128–134. https://doi.org/10.20961/stjssa.v17i2.38459

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Bab 4

Teknologi dan Kearifan Lokal untuk Adaptasi Perubahan Iklim di Sektor Pertanian

Yayan Apriyana, Woro Estiningtyas, Ai Dariah,
& Elsa Rakhmi Dewi

A. Integrasi Teknologi dan Kearifan Lokal di Sektor Pertanian Berkelanjutan

Saat ini perubahan iklim sudah terjadi dengan berbagai dampak yang ditimbulkannya sehingga adaptasi terhadap dampak perubahan iklim tidak dapat lagi dimungkiri dan harus dilakukan (Fankhauser, 2016). Pemanasan global yang menjadi penyebab utama perubahan iklim sangat erat kaitannya dengan peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK) ke atmosfer. Perubahan ini berpengaruh signifikan terhadap pola cuaca, terutama pola dan intensitas curah hujan serta variabilitas suhu udara (Hamada dkk., 2002; Aldrian dkk., 2007; Apriyana dkk., 2021). Selain itu, perubahan iklim juga sangat erat kaitannya dengan penyebaran kejadian El Niño dan La Niña (Timmermann dkk., 1999; Timmermann, 2001).

Y. Apriyana*, W. Estiningtyas, A. Dariah, & E. R. Dewi
Badan Riset dan Inovasi Nasional, *e-mail: yaya028@brin.go.id

© 2023 Editor & Penulis
Apriyana, Y., Estiningtyas, W., Dariah, A., & Dewi, E. R. (2023). Teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim di sektor pertanian. Dalam Elza Surmaini, Lilik Slamet Supriatin, & Yeli Sarvina (Ed.), *Teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim* (81–112). Penerbit BRIN. DOI: 10.55981/brin.901.c719 E-ISBN: 978-623-8372-46-1

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Sektor pertanian sangat bergantung pada curah hujan dan suhu yang stabil untuk menunjang pertumbuhan tanaman dan hasil panen. Oleh karena itu, perubahan iklim menimbulkan dampak yang signifikan terhadap pertanian. Upaya untuk merespons dampak perubahan iklim dapat dibagi menjadi dua, yaitu (1) mitigasi merupakan tindakan yang dilakukan untuk mengurangi jumlah karbon dioksida dan emisi GRK yang memerangkap panas di atmosfer; dan (2) adaptasi merupakan penyesuaian oleh sistem manusia atau alam terhadap perubahan iklim (Gross dkk., 2016). Secara lebih khusus, adaptasi terhadap perubahan iklim didefinisikan sebagai adaptasi ekologis, sosial, dan/atau ekonomi sebagai respons terhadap iklim aktual atau yang diharapkan beserta dampaknya. Istilah ini mengacu pada perubahan dalam proses, praktik, atau struktur untuk mengompensasi kemungkinan kerusakan atau memanfaatkan peluang yang terkait dengan perubahan iklim (Smit dkk., 2018).

Beberapa teknologi adaptasi dampak perubahan iklim dapat meningkatkan ketahanan iklim di sektor pertanian Indonesia. Teknologi adaptasi di sektor pertanian juga sering kali mampu menghasilkan *co-benefit* dalam bentuk mitigasi (Dariah, 2013; Dariah dkk., 2018; Reuter & Dariah, 2019, Dariah dkk., 2022). Namun, masih terdapat beberapa permasalahan yang dihadapi, seperti keterbatasan petani untuk memperoleh informasi serta mengakses dan menggunakan teknologi yang sesuai untuk menghadapi dampak perubahan iklim, sehingga masih diperlukan diseminasi teknologi baru serta solusi inovatif untuk mengatasi perubahan iklim. Selain itu, yang tidak kalah pentingnya adalah dukungan dari pengembangan kearifan lokal untuk mengantisipasi dampak perubahan iklim dengan melibatkan masyarakat setempat, termasuk petani, tokoh adat, dan komunitas lokal lainnya. Pemerintah juga dapat memberikan dukungan dalam bentuk pelatihan, pendampingan, dan pengembangan infrastruktur yang mendukung implementasi kearifan lokal tersebut.

Bab ini membahas tentang (1) inovasi teknologi dan kearifan lokal untuk mendukung adaptasi sektor pertanian terhadap dampak perubahan iklim; (2) peran pemerintah dalam mengatur strategi, kebijakan dan regulasi dalam pengarusutamaan adaptasi perubahan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

iklim; dan (3) peluang dan tantangan dalam implementasi rekomendasi adaptasi perubahan iklim untuk menjaga keberlanjutan produksi pangan dan ekonomi pertanian serta kesejahteraan masyarakat. Tulisan ini disusun berdasarkan studi literatur dari berbagai sumber serta diskusi terfokus dengan berbagai pihak yang diharapkan dapat membantu dan menjadi rujukan para pengambil kebijakan dalam menyusun rekomendasi adaptasi terhadap dampak perubahan iklim sehingga dapat diimplementasikan pada level petani.

B. Teknologi Adaptasi Perubahan Iklim pada Sektor Pertanian

Adaptasi menjadi prioritas untuk mengatasi dampak perubahan iklim di sektor pertanian, tetapisektor pertanian tetap berkomitmen untuk berkontribusi dalam mitigasi, di antaranya dengan memprioritaskan pilihan adaptasi yang mempunyai *co-benefit* mitigasi. Pilihan ini sejalan dengan kesepakatan global, khususnya untuk sektor pertanian yang dikenal dengan kesepakatan global Kerja Bersama Koronivia tentang Pertanian (*Koronivian Joint Work of Agriculture*, KJWA). KJWA merupakan keputusan penting yang mengakui potensi unik pertanian dalam mengatasi perubahan iklim. KJWA didirikan pada Konferensi Para Pihak (*Conference of the Parties*, COP) ke-23 di Fiji pada tahun 2017 sebagai proses baru untuk memajukan diskusi tentang pertanian dalam Konvensi Kerangka Kerja PBB tentang Perubahan Iklim (*United Nations Framework Convention on Climate Change*, UNFCCC).

Salah satu pendekatan untuk memperkuat adaptasi terhadap perubahan iklim adalah pengenalan *Climate Smart Agriculture* (CSA). Pertanian Cerdas Iklim atau CSA merupakan model usaha tani yang menggabungkan dan mengadopsi teknologi adaptasi, baik pada *on-farm* maupun *off-farm*, untuk mendukung kelestarian lingkungan dengan tetap memperhatikan tujuan utama berusaha tani, yaitu meningkatkan produktivitas (Hermanto dkk., 2022) sehingga dapat mendukung pembangunan pertanian yang berketahanan iklim dan rendah karbon seperti yang diamanatkan dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2020–2024.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



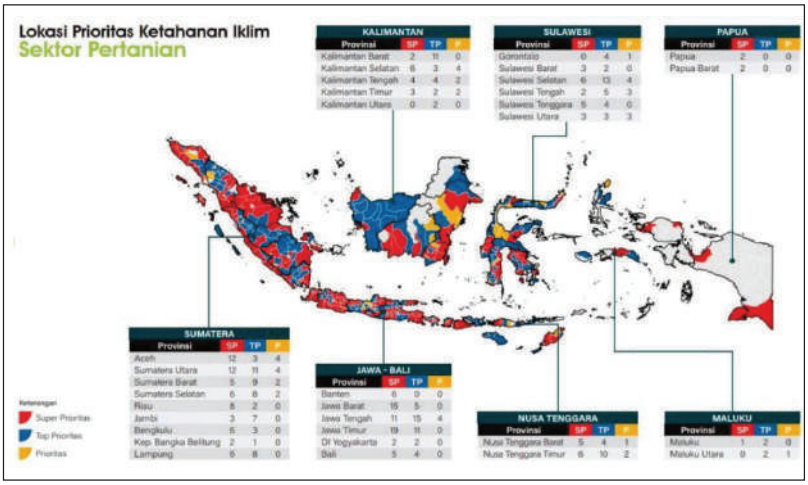
Sumber: Gross dkk. (2016)

Gambar 4.1 Langkah-langkah dalam Membangun Fondasi yang Kuat untuk Membangun Sistem Pertanian Cerdas Iklim

Pertanian Cerdas Iklim dibangun dengan langkah-langkah yang terstruktur (Gambar 4.1), yaitu harus diawali dengan membangun fondasi yang kuat yang dilanjutkan dengan penilaian tingkat kerentanan dan risiko. Berdasarkan hasil penilaian tingkat kerentanan dan risiko, ditetapkan lokasi prioritas kegiatan adaptasi. Setelah menetapkan lokasi prioritas, tahapan selanjutnya adalah melakukan identifikasi dan seleksi opsi teknologi adaptasi, kemudian baru dilakukan implementasi aksi adaptasi. Kementerian PPN/Bappenas (2019) telah menetapkan lokasi prioritas kegiatan ketahanan iklim sektor pertanian di seluruh wilayah Indonesia (Gambar 4.2).

Peningkatan adaptasi pertanian terhadap perubahan iklim dapat dilakukan melalui implementasi sistem pengelolaan lahan, pengelolaan air, dan pengelolaan iklim yang tepat. Pemanfaatan informasi hasil prediksi iklim dalam menetapkan awal musim hujan atau awal musim kemarau beserta sifat hujannya, prakiraan hujan bulanan atau dasarian, dan lain-lain berkaitan erat dengan teknologi pengelolaan

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Kementerian PPN/Bappenas (2019)

Gambar 4.2 Lokasi Prioritas Ketahanan Iklim Sektor Pertanian

lahan. Teknologi pengelolaan lahan merupakan bagian terlengkap dalam CSA karena memenuhi komponen adaptasi dengan *co-benefit* mitigasi untuk peningkatan produktivitas tanaman. Berikut diuraikan beberapa opsi teknologi pengelolaan lahan meliputi pengelolaan bahan organik, konservasi tanah, pengelolaan hara, dan pengelolaan tanaman untuk meningkatkan adaptasi sektor pertanian terhadap dampak perubahan iklim. Beberapa di antaranya juga dapat menghasilkan *co-benefit* dalam mitigasi emisi GRK.

1. Pengelolaan Bahan Organik

Optimalisasi pemanfaatan bahan organik merupakan opsi adaptasi yang dapat menghasilkan *co-benefit* mitigasi. Inisiatif 4 per 1000 yang diluncurkan oleh Prancis pada 1 Desember 2015 saat COP 21 memiliki pandangan bahwa sektor pertanian, khususnya lahan pertanian, dapat berperan penting dalam ketahanan pangan dan juga perubahan iklim. Inisiatif ini utamanya ditujukan untuk menyimpan karbon di dalam tanah yang dilakukan dengan pengelolaan tanah yang lebih tepat dan sehat, serta berkelanjutan (Rumpel dkk., 2020).

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Para pakar iklim memproyeksikan bahwa musim kemarau akan lebih panjang dengan curah hujan yang lebih rendah, sebaliknya periode musim hujan lebih pendek dengan intensitas lebih tinggi yang akan menimbulkan bencana kekeringan, banjir, dan erosi tanah jika kondisi tanah tidak mampu mengatasinya (Baveye dkk., 2020). Oleh karena itu, sangatlah penting untuk menjaga dan meningkatkan kualitas tanah. Bahan organik tanah sangat menentukan kualitas tanah sehingga mendukung fungsi tanah agar mampu beradaptasi terhadap berbagai perubahan, termasuk perubahan iklim. Hasil penelitian Gusli dkk. (2020) menunjukkan kondisi tanah yang dihubungkan dengan kapasitas adaptasi perubahan iklim, terutama pemadatan tanah minimum, makroporositas yang lebih besar, dan hidrolik konduktivitas untuk memungkinkan infiltrasi hujan dan kapasitas air tersedia lebih tinggi, yang dapat dihubungkan secara langsung ke konsentrasi C-organik yang lebih tinggi. Peningkatan sebesar 1 g/kg (0,1%) dari tanah karbon organik meningkatkan kapasitas air tanah tersedia sebesar 6% (vol/vol). Banyak hasil penelitian lainnya yang menunjukkan fungsi bahan organik tanah dalam meningkatkan kualitas tanah sehingga dapat mendukung fungsi tanah untuk beradaptasi terhadap perubahan iklim (Baveye dkk., 2020; Ryals dkk., 2015).

Defisit bahan C-organik tanah pada tanah yang telah dikelola secara intensif utamanya disebabkan oleh (1) konversi vegetasi alami (padang rumput, hutan, dan vegetasi alami lainnya) menjadi lahan budi daya; (2) pengolahan tanah yang berdampak terhadap percepatan mineralisasi bahan organik tanah; (3) penggembalaan berlebihan (*overgrazing*); (4) erosi; (5) pencucian; dan (6) kebakaran hutan dan lahan (Navarro-Pedreño dkk., 2021). Saat ini, rata-rata kandungan bahan organik pada lahan pertanian, terutama yang digunakan untuk tanaman pangan, termasuk pada lahan sawah di Indonesia, adalah kurang dari 2% (Kasno dkk., 2003). Menurut Lal (1995), tanah mempunyai produktivitas yang baik jika kandungan bahan organik 8–16% atau kandungan karbon C-organik 4,5–9,12%. Oleh karena itu, pertanian berbasis organik merupakan pilihan dalam memperbaiki kualitas tanah sekaligus juga merupakan pilihan adaptasi yang mampu menghasilkan *co-benefit* mitigasi (Dariah & Yufdi, 2017).

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Pada banyak kasus, penggunaan bahan organik secara penuh belum memungkinkan. Namun, dengan optimalisasi penggunaan sumber bahan organik, input agrokimia dapat dikurangi.

Potensi biomassa sebagai sumber bahan organik tanah yang dihasilkan dari kegiatan usaha tani di Indonesia tergolong tinggi. Nurida dan Jubaedah (2014) memperkirakan biomassa yang dihasilkan oleh penanaman tanaman pangan (padi, jagung, kacang tanah, kedelai, kacang hijau) sekitar 18,4 juta per tahun. Berdasarkan asumsi bahwa 50%–100% dari biomassa tersebut dapat dimanfaatkan (tergantung jenis tanamannya), potensi biomassa yang dapat dikembalikan ke tanah adalah sekitar 12,8 juta ton/tahun. Jumlah ini belum termasuk biomassa yang dapat dihasilkan dari lahan sawah. Biomassa yang tidak mudah terurai, seperti sekam padi, sabut kelapa, janjang kosong kelapa sawit, tempurung kelapa, kulit kakao, dan tongkol jagung, dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biochar, yaitu arang yang dihasilkan dari proses pembakaran rendah emisi (*phyrolisis*). Sarwani dkk. (2013) memperkirakan jumlah produksi biomassa sulit lapuk yang dihasilkan dari aktivitas usaha tani adalah sekitar 25,4 juta ton/tahun. Berdasarkan asumsi proporsi biomassa yang berpotensi dapat digunakan untuk bahan baku biochar berkisar antara 30–50% dan dengan rasio biochar/biomassa berkisar 13–50%, potensi biochar yang dapat dikembalikan ke tanah adalah sekitar 3,14 juta ton/tahun. Sumber bahan organik lainnya yang berpotensi untuk menjadi sumber C (karbon) tanah adalah dari kegiatan peternakan. Misalnya, berdasarkan jumlah ternak sapi (Badan Pusat Statistik, 2019), diperkirakan kotoran sapi yang dapat dihasilkan adalah sekitar 25 juta ton/tahun dengan asumsi kotoran hewan yang dihasilkan sebanyak 3–4 kg/ekor/hari. Ternak lainnya, seperti unggas, kambing atau domba, juga merupakan sumber bahan organik tanah yang umum digunakan petani di Indonesia.

2. Konservasi Tanah

Penggunaan teknik konservasi tanah menjadi makin penting di era perubahan iklim, tidak hanya untuk mengurangi erosi dan degradasi lahan, tetapi juga untuk meningkatkan adaptasi terhadap perubahan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

iklim (Delgado dkk., 2011; Sulaiman dkk., 2018). Penerapan teknik konservasi tanah juga berpeluang menghasilkan *co-benefit* mitigasi (Gonzalez-Sanchez dkk., 2021).

Pengurangan limpasan (*run-off*) dan erosi melalui adopsi teknik konservasi tidak hanya bermanfaat untuk adaptasi, tetapi juga membantu mengurangi GRK karena 20–30% bahan organik yang diangkut (baik erosi maupun limpasan permukaan) dilepaskan sebagai GRK (Lal, 1995; Jacinthe & Lal, 2001). Tabel 4.1 menunjukkan fungsi beberapa tindakan konservasi tanah dalam mendukung adaptasi dan *co-benefit* mitigasi yang dapat dihasilkan.

Tabel 4.1 Teknologi Konservasi Tanah dengan Fungsi Adaptasi dan Co-benefit Mitigasi

Metode Konservasi Tanah	Fungsi Adaptasi	Co-Benefit Mitigasi
Sipil teknis (teras, *rorak*, saluran pengendali air)	Mengendalikan aliran permukaan dan menurunkan erosi, mencegah kerusakan struktur tanah, meningkatkan serapan air ke dalam tanah, meningkatkan potensi simpanan air dalam tanah, berkontribusi terhadap penurunan potensi banjir, menekan kehilangan hara.	Menekan kehilangan karbon tanah
Vegetatif (*alley cropping, strip cropping, agroforestry*, tanaman penutup tanah/*cover crop,* mulsa organik)	Mengendalikan aliran permukaan dan menurunkan erosi, mencegah kerusakan dan memperbaiki struktur tanah, menjaga kelembaban tanah, menekan kehilangan hara dan menyumbang hara.	Menekan kehilangan karbon tanah, meningkatkan sekuestrasi karbon.
Olah tanah konservasi	Mencegah kerusakan struktur tanah, mencegah erosi, mengefisienkan waktu tanam, menjaga kelembaban tanah.	Mengurangi kehilangan karbon tanah, meningkatkan simpanan karbon tanah.

Sumber: Dimodifikasi dari Sulaiman dkk. (2018)

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Penerapan teknik konservasi dapat dilakukan secara teknis atau mekanis (seperti pembuatan teras, *rorak*, dan bangunan atau saluran pengendali air) juga dapat dilakukan secara vegetatif (seperti *alley cropping*, *strip cropping*, *cover crop*, dan *agroforestry*). Keunggulan dari teknik konservasi secara vegetatif, selain untuk pengendalian *run-off* dan pencegahan erosi, juga dapat menghasilkan bahan organik. Beberapa hasil penelitian menunjukkan efektivitas teknik konservasi vegetatif dalam meningkatkan kadar C-organik dalam tanah (Nurida & Jubaedah, 2014). Teknik konservasi vegetatif bertujuan untuk menjaga dan meningkatkan kualitas tanah. Kualitas tanah mencakup keberadaan dan stabilitas bahan organik dalam tanah melalui peningkatan kandungan bahan organik, perlindungan terhadap erosi, peningkatan retensi air, dan peningkatan kesuburan tanah. Penerapan teknik konservasi mampu menekan besarnya erosi dari 30,2 ton/ha menjadi 16,7 ton/ha atau menurunkan laju erosi sebesar 44,8% (Djadjadi dkk., 2004). Selain itu, tindakan konservasi secara vegetatif juga mempunyai beberapa keunggulan dibanding dengan sipil teknis, tetapi hanya dalam kondisi tertentu, misalnya potensi erosi yang relatif tinggi dan tanah sangat peka terhadap erosi maka tindakan sipil teknis tetap diperlukan jika konservasi tanah juga ditujukan untuk mendukung pengelolaan air.

Perbaikan sistem pengolahan tanah dari pengolahan intensif seperti yang umum dilakukan saat ini menjadi sistem olah tanah konservasi (olah tanah minimum atau tanpa olah tanah) merupakan opsi adaptasi yang penting untuk diimplentasikan. Aplikasi bahan organik juga penting dilakukan dalam mendukung sistem olah tanah konservasi. Hal ini dikarenakan bahan organik sangat berperan dalam menjaga struktur tanah menjadi kondusif untuk perkembangan akar tanaman.

3. Pengelolaan Hara

Salah satu dari enam elemen yang termasuk dalam kesepakatan KJWA adalah peningkatan penggunaan nutrisi dan pengelolaan pupuk menuju sistem pertanian yang berkelanjutan. Kecenderungan yang terjadi saat ini ialah petani umumnya menggunakan pupuk terutama pupuk

Buku ini tidak diperjualbelikan.

nitrogen secara berlebihan. Beberapa hasil penelitian menunjukkan rendahnya efisiensi penggunaan pupuk nitrogen di negara-negara berkembang (Sutton & Bleeker, 2013). Diperlukan sistem pemupukan berimbang sehingga pupuk yang diberikan memenuhi empat syarat yang benar, yaitu tepat jenis, tepat dosis, tepat waktu, dan tepat cara aplikasi. Sumber hara yang digunakan bukan hanya bersumber dari pupuk organik, tetapi juga anorganik dengan tetap memperhatikan faktor kesehatan tanah.

4. Pengelolaan Tanaman

Langkah-langkah produksi tanaman yang mendukung adaptasi terhadap dampak perubahan iklim di bidang pertanian, antara lain pengembangan dan penggunaan varietas disesuaikan dengan perubahan iklim dan iklim ekstrem, adaptasi cara budi daya, pergiliran tanaman, dan pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT). Beberapa contoh di antaranya, yaitu varietas padi dengan umur pendek atau genjah (Inpari 13 dan 19); toleran kekeringan dan tanah masam (Inpago 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, Fortiz, Rindang 1, Rindang 2); tahan genangan (Inpari 30, Inpara 10); tahan serangan hama wereng cokelat (Inpari 31 dan 33, Pajajaran, Mantap, Arumba, 47 WBC, 49 Jembar, Cakrabuana); tahan penyakit Hawar Daun Bakteri (Inpari 43 dan 32 Siliwangi, Gemah, HIPA 18, 19, 20, 21), tahan penyakit Blast (Inpari 38 dan 39, Cakrabuana, 48 Blast, 50 Marem, Respati), dan tahan virus Tungro (Inpari 7, 8, 9, 36, dan 37). Selain itu, telah dihasilkan dan dikembangkan varietas-varietas spesifik agroekosistem, yaitu varietas padi spesifik lahan sawah tadah hujan (Inpari 39, Cisaat, Inpari 36 GSR TDH), lahan kering (Inpago 8 dan 12), dan lahan rawa (Inpara 2, 3, 8, 10).

Perbaikan pengelolaan tanaman lainnya untuk mendukung adaptasi terhadap dampak perubahan iklim juga perlu dilakukan dengan sistem rotasi tanaman. Hal ini dapat berdampak terhadap pemutusan rantai OPT, misalnya pada akhir musim hujan di lahan sawah dapat ditanami tanaman kacang hijau yang berumur pendek. Tanaman legum (kacang-kacangan) baik digunakan dalam sistem

Buku ini tidak diperjualbelikan.

rotasi karena minim menggunakan pupuk N. Tanaman tersebut mampu menambat N secara mandiri.

C. Kearifan Lokal dalam Adaptasi Perubahan Iklim di Masyarakat/Komunitas Pertanian

Kearifan lokal adalah suatu bentuk budaya yang diterapkan oleh suatu masyarakat/komunitas dalam mengambil kebijakan hidup dan cara melaksanakannya terkait situasi yang dihadapi (Fajarini, 2014; Evalina, 2016). Kearifan lokal memuat dan mengandung kebijaksanaan, kreativitas, dan ide-ide yang menjadi faktor penentu dalam perkembangan peradaban manusia (Kamarulzaman dkk., 2016). Kearifan lokal memiliki nilai yang tinggi dalam adaptasi dan mitigasi perubahan iklim di masyarakat/komunitas pertanian. Menurut Komariah dkk. (2021), kearifan lokal masyarakat setempat memiliki pengetahuan dan pengalaman yang diperlukan untuk mengatasi variasi dan perubahan iklim yang terjadi di wilayah mereka.

Pemanfaatan kearifan lokal menjadi sumber daya yang berharga dalam upaya adaptasi perubahan iklim di masyarakat/komunitas pertanian. Kehadirannya dapat membantu masyarakat/komunitas pertanian menghadapi tantangan dan menjaga keberlangsungan sistem pertanian dengan menggunakan teknologi kearifan lokal. Kearifan lokal dalam sektor pertanian mengacu pada pengetahuan, nilai, dan praktik yang telah ada di masyarakat Indonesia selama berabad-abad yang mencakup aspek-aspek, seperti penentuan waktu/jadwal penanaman, pengelolaan air dalam pertanian, serta upaya untuk mengatasi pengendalian OPT, sebagaimana dijelaskan berikut ini.

1. Kearifan Lokal dalam Menentukan Waktu Tanam

Kearifan lokal dalam menentukan waktu tanam melibatkan pengamatan alam dan lingkungan sekitar, seperti cuaca dan musim hujan atau kemarau. Beberapa faktor berpengaruh dalam menentukan waktu tanam, seperti pengamatan kondisi lingkungan, penggunaan sistem kalender tradisional, dan pengamatan tanda alam. Berikut contoh kearifan lokal dalam menentukan waktu tanam yang ada di berbagai daerah di Indonesia.

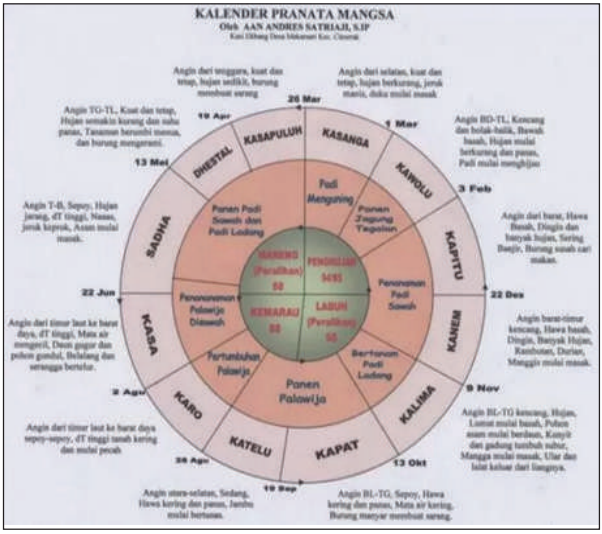
Buku ini tidak diperjualbelikan.

a. *Pranata Mangsa*

Pranata mangsa merupakan kalender adat yang sudah dikenal sejak lama, khususnya di masyarakat/pertanian Jawa, dan berisi aturan tentang musim. Kalender ini didasarkan pada siklus matahari semu dan digunakan sebagai panduan yang sangat berguna bagi petani saat mengatur jadwal tanam di lahan sawah (Sobirin, 2018). *Pranata mangsa* dibagi menjadi 12 *mangsa* atau musim yang berurutan dalam satu tahun seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 dan menjadi pedoman andal dalam pertanian pada masa lalu (*mangsa kasa, karo, katiga, kapat, kalima, kanem, kapitu, kawolu, kasanga, kadasa, dhesta,* dan *shada*) (Sindhunata, 2011). Aktivitas petani dimulai dengan memperhatikan tanda-tanda alam, baik pada musim hujan maupun musim kering (Tabel 4.2).

Tabel 4.2 Tanda Awal Musim dan Aktivitas Petani di Lapangan

Musim	Tanda	Aktivitas Petani



Sumber: Rafiqa (2022)

Gambar 4.3 Kalender *Pranata Mangsa*

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Hujan (awal)	Hujan mulai turun dengan deras. Asam jawa mulai membentuk daun muda. Larva mulai menetas, ngengat menetas dari liang. Lempuyang dan temu kunci mulai berkembang.	Petani mulai memperbaiki parit-parit di sawah, membuat titik aliran air di tepi sawah, dan mulai menabur benih (khusus padi gogo).
Kering (awal)	Suhu menurun dan terasa dingin (*bediding*). Sering terjadi kabut di pagi hari. Daun-daun berguguran, kayu mengering. Belalang masuk ke dalam tanah. Tanah mengering dan retak-retak. Pohon randu dan mangga mulai berbunga.	Petani mulai menanam palawija (kedelai), nila, kapas dan menggarap tegalan untuk menanam jagung.
Kering (akhir)	Tanaman merambat menaiki lanjaran. Rebung bambu bermunculan. Mata air mulai terisi. Kapuk randu mulai berbuah. Burung-burung kecil mulai bersarang dan bertelur.	Petani siap memanen palawija.

Sumber: Dimodifikasi dari Rimanang (2016)

b. *Palontara*

Palontara adalah kearifan lokal yang berasal dari masyarakat Bugis-Makassar di Sulawesi Selatan yang didasarkan pengamatan terhadap alam dan lingkungan sekitar, seperti gerak bulan, bintang, dan arah angin (Putri, 2015). Masyarakat Bugis-Makassar menggunakan *palontara* untuk menentukan waktu tanam dan panen, praktik budidaya, serta dalam kegiatan nelayan (Limpo dkk., 2022).

c. *Wariga*

Wariga merupakan suatu sistem tradisional perhitungan waktu di daerah Bali, berfungsi untuk menentukan waktu musim menanam yang tepat. Sistem ini membagi musim menjadi 12 bulan yang disesuaikan dengan musim di daerah tropis, yaitu musim kemarau dan musim hujan. Musim atau *masa* dalam bahasa Bali dikenal sebagai kalender Kerta Masa atau kalender Sasih yang merupakan kumpulan informasi tentang waktu dan karakteristik perubahan musiman yang dipengaruhi oleh sirkulasi matahari. Sistem musiman yang digunakan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

untuk menandai musim pada dasarnya adalah meteorologi tradisional yang diteruskan ke generasi berikutnya. Di dalam *Wariga* Bali, nama-nama bulan sistem *Wariga* dan Gregorian umumnya menggunakan perspektif tahun matahari, sedangkan nama-nama bulan ordinal merujuk secara acak pada bulan-bulan lunar dalam tahun Śaka (Damayanti, 2021). Penggunaan *Wariga* sebagai sistem perhitungan waktu untuk menentukan waktu tanam juga digunakan di daerah lain seperti di Lampung, Lombok, dan Kalimantan.

d. *Ngaseuk*

Ngaseuk merupakan suatu tradisi yang memulai siklus kehidupan masyarakat Kasepuhan Ciptagelar, Kecamatan Cisolok, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. *Ngaseuk* selanjutnya diartikan sebagai proses menanam padi di lahan kering menggunakan tongkat berujung lancip untuk membuat lubang di tanah sebagai tempat benih padi yang akan ditanam. Proses *ngaseuk* dimulai ketika Abah (pemangku struktur kelembagaan adat berdasarkan garis keturunan) turun ke lahan huma untuk memimpin prosesi ritual, yang menandakan bahwa waktu penanaman padi telah dimulai (Prabowo & Sudrajat, 2021). Dasar yang digunakan ialah dengan melihat tanda-tanda alam, seperti turunnya hujan yang lebih sering, pergerakan bintang, dan munculnya hewan serta tanaman tertentu. Durasi *ngaseuk* berlangsung hingga batas waktu yang ditentukan oleh kasepuhan melalui prosesi yang disebut *Tutup Nyambut*, menandai berakhirnya prosesi tersebut. Sistem pertanian ini diklasifikasikan sebagai sistem yang ramah lingkungan serta dapat membentuk tatanan sosial yang erat dengan kekerabatan, kebersamaan, kerja sama, dan nilai sosial lainnya (Hapsari dkk., 2019).

e. *Sawah Rintak dan Sawah Surung*

Sawah rintak dan *sawah surung* merupakan sistem menanam padi di lahan rawa lebak di Kalimantan Selatan. Waktu tanam ditentukan dengan memperhatikan penurunan air rawa menjelang musim kemarau. Kondisi penurunan air saat musim kemarau disebut sebagai "merintak" sehingga sawahnya disebut sebagai *sawah rintak* yang memanfaatkan angin bertiup dari arah timur. Sebaliknya, saat musim

Buku ini tidak diperjualbelikan.

hujan ketika air rawa naik, kondisinya disebut "menyurung" dan sawahnya disebut *sawah surung* yang memanfaatkan angin bertiup dari arah Barat (Khairullah dkk., 2017).

Petani biasanya memulai aktivitas menanam berdasarkan petunjuk alam, seperti terlihatnya banyak sulur putih serangga pada pohon mangga rawa, mulai tumbuhnya pohon dadap, yang menandakan bahwa musim kemarau tiba. Selanjutnya, petani melakukan persiapan persemaian dan lahan. Sebaliknya, jika di sungai-sungai terlihat perkembangan ikan seluang, tandanya musim hujan akan tiba, petani memulai persiapan penanaman padi di lahan *sawah surung*.

2. Kearifan Lokal dalam Pengelolaan Air Pertanian

Kearifan lokal terkait pengelolaan air dapat dijelaskan dengan seperangkat pengetahuan, nilai, norma, dan aturan tertentu yang masih dipraktikkan, dihormati, dan didukung oleh masyarakat/komunitas di daerah tersebut untuk menjaga kelestarian sumber daya air, mengurangi erosi tanah, dan mengatur pemanfaatan sumber daya air dan sumber daya lahan di sekitarnya secara bijak (Maridi, 2015).

Beberapa contoh kearifan lokal dalam pengelolaan air untuk pertanian di Indonesia dijelaskan sebagai berikut.

a. Subak

Subak adalah teknik tradisional Bali yang menggunakan air secara efisien dalam pertanian. Sistem subak terintegrasi dengan sosiokultural masyarakat lokal. Kesepadanan teknologi dalam sistem ini tecermin melalui pemahaman anggota subak tentang penggunaan air irigasi yang berdasarkan Tri Hita Karana (THK) yang terintegrasi dengan pembangunan infrastruktur, pengoperasian dan koordinasi pelaksanaan, pemeliharaan yang dilakukan oleh *pekaseh* (ketua subak), struktur kelembagaan, dan informasi pengelolaan (Windia dkk., 2005; Maridi, 2015). Berdasarkan prinsip tersebut, sistem subak mampu mengantisipasi kekurangan air (terutama pada musim kemarau) dengan mengatur pola tanam sesuai dengan peluang keberhasilannya.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

b. *Nyabuk Gunung*

Nyabuk gunung merupakan salah satu bentuk budi daya padi yang mengikuti kontur. Hal ini merupakan bentuk kearifan lokal yang memanfaatkan air hujan untuk melindungi tanah dari risiko erosi dan tanah longsor yang dapat terjadi akibat curah hujan yang tinggi (Maridi, 2015). *Nyabuk gunung* (terasering) sering dijumpai di wilayah Jawa Barat, Jawa Tengah, Yogyakarta, Jawa Timur, dan Bali dengan istilah sengkedan (Gambar 4.4).

c. Budaya *Pamali*

Budaya *pamali* yang lazim di Kampung Kuta Ciamis,Jawa Barat, adalah aturan atau standar yang berkaitan dengan penggunaan sumber daya air yang mengatur kehidupan masyarakat asli. Di Kampung Kuta, sumber air digunakan untuk dua keperluan, yaitu memenuhi kebutuhan sehari-hari dan melakukan ritual adat. Air untuk kebutuhan sehari-hari diperoleh dari empat sumber, yaitu Cibungur, Ciasihan, Cinangka dan Cipanyipuhan. Kota/masyarakat tidak diperbolehkan menggali sumur sendiri untuk menjaga kualitas air tanah yang baik (Aulia & Dharmawan, 2010). Sumber daya air yang digunakan dalam upacara adat ritual *nyipuh* berasal dari dalam hutan keramat dan sumber daya air ini tidak boleh dimanfaatkan untuk keperluan sehari-hari. Budaya *pamali* yang diterapkan dalam pengelolaan hutan keramat (jenis hutan yang didominasi dengan pepohonan berusia puluhan hingga ratusan tahun) telah terbukti dapat mempertahankan kelestarian ekosistem di dalamnya, termasuk menjaga kualitas sumber daya air yang ada di sana.

d. Pemanfaatan Gerakan Pasang Surut Air

Kearifan lokal dalam pengelolaan lahan gambut di Kalimantan Selatan adalah memanfaatkan pergerakan pasang surut air untuk keperluan irigasi dan drainase. Masyarakat membangun kanal yang disebut *handil*, yang mengarah secara vertikal dari tepi sungai ke pedalaman. Sistem *handil* ini dilakukan secara gotong royong dalam kelompok kecil yang terdiri dari 7–10 orang (Dariah & Nurzakiah, 2014). Masyarakat Kalimantan Selatan mengenal sistem anjir, yaitu

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Suprihati (2019)

Gambar 4.4 *Nyabuk Gunung* untuk Menahan Erosi dan Menjaga Tanah

pembuatan saluran yang menghubungkan dua sungai besar. *Handil* sendiri dibuat sepanjang anjir. Selain itu, terdapat sistem kantong yang lebih kecil dari pegangan dan saluran air terpisah. Beberapa faktor yang memengaruhi proses produksi manual ialah kondisi tanah, pasang surut air, dan ketebalan gambut. Saat pasang, air mengalir ke darat, sedangkan saat surut air mengalir kembali dari darat ke sungai. Masyarakat di Kalimantan Selatan juga memiliki kebiasaan menanam karet dan buah-buahan di pinggiran *handil* untuk memperkuat tanggul dan mencegah longsor.

Perbedaan karakteristik dalam menentukan awal tanam lahan pasang surut di Kalimantan Selatan dan Sumatra Selatan pada umumnya disebabkan oleh kondisi geografis, iklim, dan lingkungan setempat di masing-masing wilayah. Di Kalimantan Selatan, lahan pasang surut

Buku ini tidak diperjualbelikan.

cenderung menampilkan ekosistem hutan rawa bakau yang luas. Wilayah pesisir yang luas di Kalimantan Selatan memengaruhi pola pasang surut dan salinitas air di lahan rawa, memberikan ciri khas tersendiri pada ekosistem ini. Sementara itu, Sumatra Selatan juga memiliki lahan pasang surut dengan hutan bakau yang mendominasi, tetapi perbedaan tipe vegetasi dapat terjadi berdasarkan kondisi lokasi yang lebih kering atau lebih basah. Di daerah ini, terdapat juga lahan rawa gambut yang khas, ditandai dengan vegetasi rawa gambut dan lahan payau. Wilayah pesisir di Sumatra Selatan juga memainkan peran penting dalam menentukan pola pasang surut dan kondisi air setempat. Tabel 4.3 memperlihatkan hal yang perlu diperhatikan saat memulai tanam padi pada lahan pasang surut di Kalimantan Selatan dan Sumatra Selatan.

Tabel 4.3 Hal yang Perlu Diperhatikan Saat Mulai Tanam Padi di Lahan Pasang Surut

Kalimantan Selatan	Sumatra Selatan
Awal tanam tidak sama dengan awal musim hujan (MH) karena risiko keracunan pada tanaman.	Saat sudah terjadi hujan, menjelang awal MH, petani mengolah tanah dan menebar benih pada lahan.
Petani menunda waktu tanam 1–1,5 bulan, bahkan hingga puncak musim hujan untuk menjamin bahwa air tanah sudah tinggi dan dapat menetralisir zat-zat asam dan garam yang bersifat racun.	Benih ditutup dengan tanah sehingga penguapan menjadi rendah.
Musim tanam umumnya hanya dilakukan satu kali.	Saat hujan datang dan atau air pasang, membasahi lahan, menjadikan benih merekah, kemudian tumbuh.
Ada potensi mengintroduksi komoditas jagung pada musim tanam kedua.	Saat pasang tinggi dan frekuensinya meningkat, tanaman padi cukup kuat mengalami cekaman melalui kualitas air.

Sumber: Widjaja-Adhi (1995), Dimodifikasi dari Sarwani (2002)

Buku ini tidak diperjualbelikan.

e. *Kejreun Blang*

Kejreun blang merupakan salah satu kelembagaan dan kearifan lokal yang perannya penting di Nanggroe Aceh Darusalam. Lembaga ini berperan erat dalam pengelolaan sumber daya air dan menjadi tempat partisipasi masyarakat dalam mengelola pemerintahan, pembangunan, pembinaan masyarakat, serta menyelesaikan masalah-masalah terkait pertanian. Lembaga ini, dalam menjalankan perannya, selalu mengedepankan prinsip gotong royong pada setiap kegiatan dan mampu memengaruhi perilaku petani dalam mengelola air pertanian (Putra dkk., 2016). Selanjutnya, peran *kejreun blang* dalam pengelolaan sumber daya air ialah memastikan ketersediaan air, menentukan dan mengoordinasikan tata cara air turun ke sawah, mengatur pembagian air ke sawah petani, serta pemeliharaan dan perbaikan jaringan air.

f. Sawah Surjan

Sawah surjan merupakan salah satu sistem pertanian yang dikembangkan di wilayah pesisir Kulon Progo. Sistem pertanian ini muncul karena masalah drainase yang buruk di wilayah tersebut. Sistem ini dinamakan "sawah surjan" karena jika dilihat dari kejauhan atau ketinggian, morfologi sawah ini memiliki garis-garis yang menyerupai corak baju surjan (lurik), yaitu baju tradisional masyarakat Jawa (Athoillah dkk., 2019). Sawah surjan adalah sawah nonlembaran yang membentuk garis-garis seperti baju surjan (lurik) ketika dilihat dari atas atau dari kejauhan. Garis-garis tersebut terbentuk dari perbedaan ketinggian antara area daratan (terestrial) yang tinggi dan area air (akuatik) yang rendah yang saling bergantian dan ketinggian ini berubah-ubah dalam susunan garis-garis tersebut. Palawija ditanam di gundukan tanah yang tinggi, sedangkan tanaman padi ditanam sepanjang tahun di tanah rendah atau akuatik. Inilah yang membuat ekosistem sawah surjan berbeda dengan sawah lembaran biasa, yang hanya didominasi oleh perairan akuatik (Aminatun dkk., 2014). Masyarakat menciptakan sawah surjan sebagai solusi atas sistem perairan yang buruk. Masalah sistem perairan ini disebabkan oleh topografi wilayah Kulon Progo yang terdiri dari pegunungan dan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

dataran rendah. Akibatnya, ada daerah yang sering mengalami kekeringan dan daerah lain yang sering tergenang banjir. Pola pertanian sawah surjan kemudian diterapkan di daerah-daerah tersebut, yaitu pada lahan pertanian yang mengandalkan curah hujan dan sering mengalami kekeringan atau genangan air yang parah akibat banjir (Athoillah dkk., 2019).

g. Padi Ratun

Budi daya padi ratun merupakan suatu kearifan lokal yang ada di beberapa daerah Indonesia. Tradisi budi daya padi ratun telah ada dan umumnya tidak dilakukan secara intensif, tetapi hanya dimanfaatkan oleh petani. Setelah padi dipanen, tanaman dibiarkan tumbuh kembali untuk digunakan sebagai pakan ternak (Komariah dkk., 2021). Padi ratun (singgang) dianggap sebagai bonus oleh petani. Hasilnya dipanen tanpa perawatan, pemupukan, atau penyiangan sehingga hasil panen rendah. Selain di Pulau Jawa, di Sumatra Barat juga terdapat kearifan lokal yang memanfaatkan anakan padi setelah panen, yang dikenal sebagai salibu. Salibu dimanfaatkan oleh petani yang kurang mampu atau tidak memiliki modal untuk musim tanam kedua. Saat ini salibu telah diimplementasikan dengan dukungan teknologi sehingga keberhasilan budi daya salibu lebih tinggi dibandingkan budi daya singgang.

h. Pembuatan Selokan Dalam

Salah satu bentuk kearifan lokal dalam pengelolaan air pertanian di Desa Sembungan, Kabupaten Wonosobo, adalah penggunaan selokan dalam. Tujuan dari pembuatan selokan dalam ini adalah untuk menampung air yang meresap ke dalam tanah selama proses pengolahan lahan. Setiap teras miring pada petak lahan pertanian, terutama yang tidak sejajar dengan garis kontur, akan memiliki selokan dalam (Harini dkk., 2020). Petani telah mengaplikasikan metode sederhana dalam pembuatan selokan ini dengan cara menggali tanah menggunakan cangkul untuk membentuk selokan. Hal ini merupakan bentuk konservasi yang dilakukan oleh petani untuk mencegah terjadinya longsor.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

i. Kebekolo

Kebekolo merupakan salah satu bentuk kearifan lokal di Indonesia, khususnya di daerah Ende, Nusa Tenggara Timur. Wilayah Nusa Tenggara Timur memiliki topografi pegunungan dengan kemiringan lebih dari 30%. *Kebekolo* dibuat dengan menyusun atau menumpuk deretan kayu atau dahan pada lereng. Tumpukan kayu atau ranting mencegah erosi permukaan dan limpasan air. Massa kayu ini tetap ada dan secara alami terurai menjadi bahan organik lebih lanjut. Praktik ini tergantung pada kemiringan tanah. Makin curam kemiringannya, makin kecil jarak antartumpukan kayu.

Model konservasi ini ditemukan dalam bentuk yang serupa di tempat lain dengan nama *blepeng* di Sika dan *brepe* di Flores Timur. *Kebekolo* dapat diadopsi dengan pendekatan yang lebih modern. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) NTT telah memperkenalkan teknologi tersebut dengan mengganti tegakan hutan atau tanaman baris di antara teras dan tanaman penguat teras, yang juga berfungsi sebagai pakan ternak. Tanaman yang memperkuat teras adalah vertiver, gamal, linden merah, dan kelor (marungga). Selain itu, beberapa tanaman pangan dapat ditambahkan, antara lain jagung, padi gogo, ubi kayu, dan sayuran, pada musim kemarau (Andika, 2020).

3. Kearifan Lokal dalam Pengendalian Organisme Penganggu Tanaman (OPT)

Kearifan lokal dalam pengendalian OPT melibatkan pemanfaatan musuh alami, yaitu hewan atau serangga yang memangsa organisme pengganggu tersebut. Selain itu, dengan konsep pengendalian hama terpadu, pengendalian hama dan penyakit tanaman juga dapat dilakukan dengan pendekatan lokal. Contohnya adalah penggunaan pestisida nabati yang berbahan dasar lokal, seperti nimba dan mahoni. Berikut contoh kearifan lokal dalam mengatasi OPT.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

a. Pemanfaatan Predator dan Penanaman Tanaman Refugia

Pengendalian hama dan penyakit tanaman oleh masyarakat petani tradisional Kabupaten Situbondo dilakukan dengan memperhatikan kelestarian lingkungan. Salah satu cara yang digunakan adalah memanfaatkan musuh alami (predator) dan menanam tanaman refugia di kedua sisi petak pematang sawah. Kelompok tanaman ini disebut tanaman penutup karena berfungsi sebagai tanaman pembatas antara lokasi produksi. Tanaman yang dipilih untuk penanaman pengungsian serangga, antara lain kacang panjang, buncis, kedelai, cabai, jagung, ubi kayu, kenikir, bayam, pegagan, kecipir, bunga kertas, dan bunga tahi ayam (Syahputra dkk., 2019). Rekayasa ekologi dengan memanfaatkan tanaman refugia berperan penting sebagai mikrohabitat bagi agen hayati yang mengendalikan hama utama pada tanaman. Tanaman refugia memberikan perlindungan spasial dan/atau sementara bagi musuh alami hama, seperti predator dan parasitoid, dan mendukung interaksi biotik dalam ekosistem seperti penyerbuk.

b. Penggunaan *Trichoderma* spp.

Trichoderma spp. dalam kearifan lokal digunakan sebagai agen pengendali hayati di wilayah Bali, Sulawesi, dan Aceh. Penggunaan *Trichoderma* spp. lokal sebagai jamur antagonis dapat membantu dalam mengendalikan OPT, seperti jamur dan bakteri, pada tanaman cabai dan padi. *Trichoderma* spp. adalah salah satu jenis kapang yang secara luas ditemukan pada berbagai substrat tanah pertanian dan menjadi komponen yang dominan dalam mikroflora tanah (Lahati & Abdullatif, 2018). Perannya signifikan dalam proses dekomposisi bahan organik di lahan pertanian.

c. Pengendalian Penyakit dengan Ekstrak Binahong

Tanaman binahong telah lama digunakan sebagai obat tradisional dan dapat dimanfaatkan oleh masyarakat. Tanaman ini mengandung senyawa bioaktif yang dipercaya berperan dalam kesehatan manusia sebagai senyawa antimikroba, antioksidan, dan obat tradisional. Kegiatan di Desa Pasirbiru, Kecamatan Rancakalong, Kabupaten

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Sumedang, menunjukkan bahwa bibit padi yang diberi ekstrak binahong tumbuh lebih baik, daun lebih hijau, dan lebih sedikit tanaman yang menunjukkan gejala penyakit dibandingkan tanaman padi yang tidak diberi ekstrak binahong (Yulia dkk., 2018). Selain itu, benih tanaman cabai yang diberi perlakuan ekstrak binahong atau lengkuas menunjukkan warna pucuk yang lebih hijau dan pertumbuhan pucuk yang lebih panjang dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Hal ini dapat mencegah pertumbuhan patogen pada benih.

D. Inovasi Teknologi Mendukung Kearifan Lokal untuk Adaptasi Perubahan Iklim di Sektor Pertanian ke Depan

Kearifan lokal merupakan salah satu kekayaan masyarakat Indonesia yang telah teruji implementasinya dan dilaksanakan secara turun-temurun dalam rangka menghasilkan produksi yang tinggi dan pelestarian lingkungan. Berbagai teknologi inovasi berikut berpotensi dikembangkan untuk mendukung kearifan lokal.

1) Sistem peringatan dini (*early warning systems*) berupa informasi tentang ancaman yang berkaitan dengan perubahan iklim, seperti banjir, kekeringan, dan perkembangan OPT. Teknologi ini melibatkan penggunaan sensor, pemantauan cuaca, analisis data, dan pemodelan untuk memberikan peringatan dini kepada masyarakat dan pihak berwenang serta pemanfaatan Informasi Prediksi Iklim dan Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu.
2) Teknologi monitoring lingkungan, seperti sistem pemantauan udara, tanah, dan air, membantu dalam memantau dan mengumpulkan data lingkungan yang relevan. Teknologi tersebut berupa jaringan sensor yang tersebar di wilayah tertentu yang dapat mengumpulkan informasi tentang perubahan suhu, kelembapan, kualitas air, dan tingkat polusi udara secara *real-time*.
3) Implementasi bangunan yang dirancang dengan teknologi ramah lingkungan, seperti penggunaan bahan konstruksi yang tahan terhadap cuaca ekstrem, sistem manajemen air yang efisien, dan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

pemanfaatan energi terbarukan, dapat mengurangi kerentanan terhadap perubahan iklim.

4) Teknologi pertanian adaptif berupa sistem irigasi cerdas, teknik pertanian presisi, penggunaan varietas tanaman yang tahan terhadap perubahan iklim, dan pemantauan pertanian berbasis *information technologies* (IT) atau *internet of things* (IoT).
5) Teknologi, seperti panel surya, turbin angin, pembangkit listrik tenaga air, dan energi biomassa, telah berkembang pesat dan makin terjangkau. Selain itu, teknologi efisiensi energi, seperti penggunaan lampu *light emiting diode* (LED), sistem manajemen energi cerdas, dan bangunan yang dirancang untuk mengurangi kebocoran energi, juga membantu mengurangi dampak perubahan iklim.

E. Penutup

Peluang integrasi teknologi dan kearifan lokal memungkinkan dilakukannya penggalian pengetahuan yang berharga melalui kedua sumber tersebut. Sinergitas teknologi dan kearifan lokal merupakan upaya untuk memberdayakan masyarakat/komunitas, memperkuat kapasitas adaptasi, dan meningkatkan ketahanan petani dalam menghadapi dampak perubahan iklim. Langkah implementasi lebih lanjut (Ichdayati, 2014) berupa:

1) kebijakan dan regulasi yang mendukung adaptasi perubahan iklim di sektor pertanian, termasuk insentif untuk penggunaan praktik pertanian berkelanjutan dan teknologi ramah lingkungan;
2) mendorong integrasi adaptasi perubahan iklim dalam rencana pengembangan pertanian dan kebijakan sektor pertanian di tingkat nasional, regional, dan lokal;
3) memperkuat rantai pasokan pertanian untuk meningkatkan efisiensi dan ketahanan terhadap perubahan iklim yang meliputi pengembangan infrastruktur penyimpanan dan distribusi serta pengembangan sistem pemasaran yang efektif;

Buku ini tidak diperjualbelikan.

4) meningkatkan akses petani ke sumber pembiayaan yang terjangkau untuk investasi dalam teknologi dan infrastruktur adaptif, seperti pengelolaan air, pembaruan sistem irigasi, diversifikasi usaha pertanian, dan asuransi pertanian;
5) mendukung riset dan inovasi teknologi pertanian adaptif yang spesifik lokasi, termasuk pengembangan varietas tanaman yang adaptif, teknik pengelolaan tanah yang berkelanjutan, dan pemanfaatan informasi iklim;
6) mendorong kemitraan antara lembaga penelitian, pemerintah, dan sektor swasta untuk mempercepat transfer pengetahuan dan implementasi teknologi adaptif;
7) melakukan program pendidikan, pelatihan, dan pendampingan yang berkesinambungan kepada petani dan penyuluh pertanian tentang praktik adaptif perubahan iklim, penggunaan teknologi pertanian terkini, pengelolaan risiko, dan diversifikasi usaha pertanian;
8) mendorong kolaborasi dan partisipasi yang kuat antara pemerintah, petani, lembaga penelitian, sektor swasta, lembaga swadaya masyarakat (LSM), dan komunitas lokal dalam perencanaan, implementasi, dan pemantauan program adaptasi perubahan iklim pada sektor pertanian; dan
9) melibatkan petani dan komunitas lokal dalam proses pengambilan keputusan dan pemanfaatan kearifan lokal untuk mengembangkan solusi adaptasi yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Penerapan inovasi teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim masih menghadapi beberapa kendala. Hal ini dapat diatasi dengan melibatkan berbagai pemangku kepentingan, termasuk masyarakat lokal, pemerintah, organisasi nonpemerintah, dan sektor swasta, untuk menciptakan lingkungan yang mendukung adopsi inovasi teknologi. Pendekatan yang holistik, inklusif, dan berkelanjutan akan memainkan peran penting dalam keberhasilan penerapan inovasi teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Selain itu, diperlukan pendekatan kreatif, seperti pendanaan berbasis masyarakat atau bantuan internasional sesuai dengan kebutuhan dan kondisi setempat. Upaya lainnya adalah dengan pembangunan dan perbaikan infrastruktur dasar yang diutamakan untuk memfasilitasi implementasi inovasi teknologi. Ke depan, inovasi teknologi harus bersifat adaptif agar tetap relevan dalam menghadapi dampak perubahan iklim yang tidak pasti (*unpredictable*).

Referensi

Aldrian, E., Gates, L. D., & Widodo, F. H. (2007). Seasonal variability of Indonesia rainfall in ECHAM4 simulations and in the reanalyses: The role of ENSO. *Theoretical and Applied Climatology*, *87*, 41–59.

Aminatun, Widyastuti, S. H., & Djuwanto. (2014). Pola kearifan masyarakat lokal dalam sistem sawah surjan untuk konservasi ekosistem pertanian. *Jurnal Penelitian Humaniora*, *19*(1), 65–76.

Andika, K. K. (2020, 11 Agustus). *Kearifan lokal kebekolo sebagai solusi konservasi lahan miring*. Kompasiana. https://www.kompasiana.com/kurniakrisandika6564/5f3273aa097f360f61537572/kearifan-lokal-kebekolo-sebagai-solusi-konservasi-lahan-miring

Apriyana, Y., Surmaini, E., Estiningtyas, W., Pramudia, A., Ramadhani, F., Suciantini, Susanti, E., Purnamayani, R., & Syahbuddin, H. (2021). The integrated cropping calendar information system: A coping mechanism to climate variability for sustainable agriculture in Indonesia. *Sustainability*, *13*(11), 6495. https://doi.org/10.3390/su13116495

Athoillah, A., Prabowo, D. P., & Marwanto. (2019). *Sejarah pertanian surjan di Kulon Progo.* Dinas Kabupaten Kulon Progo.

Aulia, T. O. S., & Dharmawan, A. H. (2010). Kearifan lokal dalam pengelolaan sumber daya air di Kampung Kuta. *Sodality: Jurnal Transdisiplin Sosiologi, Komunikasi, dan Ekologi Manusia*, *4*(3), 345–355.

Kementerian PPN/Bappenas. (2019). *Rancangan teknokratik: Rencana pembangunan jangka menengah nasional 2020-2024: Indonesia berpenghasilan menengah-tinggi yang sejahtera, adil, dan berkesinambungan.*

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Baveye, P. C., Schnee, L. S., Boivin, P., Laba, M., & Radulovich, R. (2020). Soil organic matter research and climate change: Merely re-storing carbon versus restoring soil functions. *Frontiers in Environmental Science*, *8*, 579904. https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.579904

Badan Pusat Statistik. (2019). *Statistik Indonesia 2019*.

Damayanti,A. F. (2021). *The Bali Wariga calculation system: An analysis of season determination in astronomic perspective* [Skripsi]. Universitas Islam Negeri Walisongo.

Dariah, A. (2013). Sistem pertanian efisien karbon sebagai bentuk adaptasi dan mitigasi sektor petanian terhadap perubahan iklim. Dalam H. Soeparno, E. Pasandaran, M. Syarwani, A. Dariah, S. M. Pasaribu, & N. S. Saad (Ed.), *Politik embangunan pertanian menghadapi perubahan Iklim* (195–213). IAARD Press.

Dariah, A., & Nurzakiah, S. (2014). Pengelolaan tata air lahan gambut. Dalam N. L. Nurida & A. Wihardjaka (Ed.), *Panduan pengelolaan berkelanjutan lahan gambut terdegradasi.* Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

Dariah, A., & Yufdi, M. (2017). Pertanian organik sebagai upaya mitigasi emisi gas rumah kaca dan peningkatan adaptasi terhadap perubahan iklim. Dalam E. Pasandaran, M. Syakir, R. Heriawan, & M. P. Yufdi (Ed.), *Memperkuat kemampuan wilayah menghadapi perubahan iklim*. IAARD Press.

Dariah, A., Susanti, E., & Avianto, N. (2018). *Peningkatan kemampuan petani dalam beradaptasi terhadap perubahan iklim (Improving farmers' ability to adapt)*. IAARD Press.

Dariah, A., Nurida, L. N., Yustika, R. D., & Suryani, E. (2022). Annual upland agriculture as a vulnerable system to climate change. Dalam E. Husen, S. Marwanto, & F. Agus (Ed.), *Strengthening agricultural resilience against climate change through climate smart agriculture* (49–52). Indonesian Agency for Agricultural Research and Development, Ministry of Agriculture.

Djadjadi, Mastur, Dalmadiyo, G., & Murdiyati, A. S. (2004). Efektivitas teknik konservasi lahan dalam menekan erosi dan penyakit lincat. *Jurnal Litri*, *10*(4), 135–141.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Delgado, A. J., Groffman, P. M., Nearing, M. A., Goddard, T., Reicosky, D., Lal, R., Kitchen, N. R., Rice, C. W., Towery, D., & Salon, P. (2011). Conservation practices to mitigate and adapt to climate change. *Journal of Soil And Water Conservation*, *66*(4), 118–129. https://doi.org/10.2489/jswc.66.4.118A

Evalina, L. W. (2016). Vertical communication based on local wisdom: A study of world class university. *Pertanika Journal Social Sciences & Humanities*, *24*(S), 59–70.

Fajarini, U. (2014). Peranan kearifan lokal dalam pendidikan karakter. *Sosio Didaktika*, *1*(2), 123–130.

Fankhauser, S. (2016). *Adaptation to climate change* (Centre for Climate Change Economics and Policy Working Paper No 287, Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment Working Paper No 255). http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2869292

Gonzalez-Sanchez, E. J., Moreno-Garcia, M., Kassam, A., Holgado-Cabrera, A., Trivino-Tarradas, P., Carbonell-Bojollo, R., Pisante, M., Veros-Gonzalez, O., & Basch, G. (2021). *Conservation agriculture: Making climate change mitigation and adaptation real in Europe*. European Conservation Agriculture Federation (ECAF).

Gross, J. E., Woodley, S., Welling, L. A., & Watson, J. E. M. (2016). *Adapting to climate change: Guidance for protected area managers and planners* (Best practices protected area guidelines series No. 24). IUCN. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.CH.2017.PAG.24.en

Gusli, S., Sumeni, S., Sabodin, R., Muqfi, I. H., Nur, M., Hairiah, K., Useng, D., & van Noordwijk, M. (2020). Soil organic matter, mitigation of and adaptation to climate change in cocoa-based agroforestry systems. *Land*, *9*(9), 323. https://doi.org/10.3390/land9090323

Hamada, J. I., Yamanaka, M. D., Matsumoto, J., Fukao, S., Winarso, P. A., & Sribimawati, T. (2002). Spatial and temporal variations of the rainy season over Indonesia and their link to ENSO. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, *80*(2), 285–310.

Hapsari, H., Hapsari, D., Karyani, T., & Fatimah, S. (2019). Adaptation of indigenous community agricultural systems on climate change (case study of Kasepuhan Ciptagelar, Sukabumi Regency, West Java). Dalam *IOP conference series: Earth and environmental science* (Vol. 306, 012031). IOP Publishing.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Harini, R., Aulia, D. N., Ningrum, E. C., Hanifah, K., Fitria, L., & Dewanti, T. (2020). Kearifan lokal pertanian, permasalahan, dan arahan strategi dalam pengelolaan pertanian di Desa Sembungan. *Majalah Geografi Indonesia*, *34*(2), 125–129.

Hermanto, Agus, F., Alihamsaya, T, Surmaini, E., Dariah, A., Estuningtyas, W., Heryani, N., Susanti, E., Tiesnamurti, B., Ikhsan, M., Zuziana, Sumarman, E. H., Chaidirsyah, R. M., Waryanto, B., Adhie, S., Semoadji, T., & Salampessy, Y. N. (2022). *Grand design pembangunan rendah karbon dan berketahahan iklim*. Kementerian Pertanian.

Ichdayati, L. I. (2014). Respon petani dan adaptasinya terhadap perubahan iklim. *Jurnal Agribisnis*, *8*(2), 155–170.

Jacinthe, R., & Lal, R. (2001). A mass balance approach to assess carbon dioxide evolotion during erosion event. *Land Degradation & Development*, *12*(4), 329–339.

Kamarulzaman, N. H., Vaiappuri, S. K. N., Ismail, N. A., & Mydin, M. A. O. (2016). Local knowledge of flood preparedness: Current phenomena to future action. *Jurnal Teknologi, 78*(5), 85–89.

Kasno, A., Setyorini , D., & Nurjaya. (2003). Status C-organik lahan sawah di Indonesia. Dalam *Prosiding kongres nasional VIII himpunan ilmu tanah Indonesia (HITI).*

Khairullah, I., Ar-Riza, I., & Nurita. (2017). *Kearifan lokal petani lahan rawa lebak.* IAARD Press.

Komariah, Ariyanto, D. P., Sumani, Yanti, Y., Setyawati, A., & Priswita, R. P. W. (2021). Kearifan lokal padi ratun sebagai upaya mitigasi dan adaptasi perubahan iklim di Desa Wonosari, Kecamatan Gondangrejo. *Jurnal Semar*, *10*(1), 7–12.

Lahati, B. K., & Abdullatif, Z. (2018). Memasyarakatkan *Trichoderma* sp lokal sebagai agen pengendali hayati organisme pengganggu tanaman cabai (*Capsicum annum*). *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, *1*(1), 65–73.

Lal, R. (1995). Global soil erosion by water and carbon dynamic. Dalam R. Lal, J. M. Kimble, E. Levine, & B. A. Stewart, *Soil and global change* (131–141). CRC Press.

Limpo, S. Y., Fahmid, I. M., Fattah, A., Rauf, A. W., Surmaini, E., Muslimin, Saptana, Syahbuddin, H., & Andri, K. B. (2022). Integrating indigenous and scientific knowledge for decision making of rice farming in South Sulawesi, Indonesia. *Sustainability*, *14*(5), 2952. https://doi.org/10.3390/su14052952

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Maridi. (2015). Mengangkat budaya dan kearifan lokal dalam sistem konservasi tanah dan air. Dalam *Prosiding seminar nasional XII pendidikan biologi FKIP UNS.* Universitas Sebelas Maret.

Navarro-Pedreño, J., Almendro-Candel, M. B., & Zorpas, A. A. (2021). The increase of soil organic matter reduces global warming. *Sci*, *3*(1). https://www.researchgate.net/publication/349923449

Nurida, N. L., & Jubaedah. (2014). Teknologi peningkatan cadangan karbon lahan kering dan potensinya pada skala nasional. Dalam F. Agus (Ed.), *Konservasi tanah menghadapi perubahan iklim* (53–82). IAARD Press.

Prabowo, Y. B., & Sudrajat. (2021). Kasepuhan Ciptagelar: Pertanian sebagai simbol budaya dan keselarasan alam. *Jurnal Adat dan Budaya*, *3*(1), 6–16.

Putra, A. W. S., Hariadi, S. S., & Subejo. (2016). Peran Kejreun Blang terhadap perilaku petani dalam pengelolaan air pertanian di Nanggroe Aceh Darussalam. Dalam *Prosiding seminar nasional multi disiplin ilmu dan call for papers Unisbank.* Universitas Stikubank.

Putri, A. W. S. (2015). Kolaborasi dengan kearifan lokal. Dalam *Buletin STMKG Media komunikasi dan dokumentasi* (Edisi ketiga). Unit Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.

Rafiqa, N. (2022, 14 Juli). Kenali pranata mangsa, penanggalan jawa yang tepat untuk bercocok tanam. AyoSemarang.com. https://www.ayosemarang.com/umum/pr-773889721/kenali-pranata-mangsa-penanggalan-jawa-yang-tepat-untuk-bercocok-tanam

Reuter, T., & Dariah, A. (2019). Pertanian, ketahanan pangan, dan perubahan iklim. Dalam S. Nurbaya, N. Masripatin, S. Adiwibowo, Y. Sugandi, & T. Reuter (Ed.), *Trilogi Indonesia menghadapi perubahan iklim* (32–42). Kompas Media Nusantara.

Rimanang, A. (2016). *Pranatamangsa: Astrologi Jawa kuno*. Kepel Press.

Rumpel, C., Amiraslani, F., Chenu, C., Cardenas, M. G., Kaonga, M., Koutika, L. S., Ladha, J., Madari, B., Shirato, Y., Smith, P., Soudi, B., Soussana, J. F., Whitehead, D., & Wollenberg, E. (2020). The 4p 1000 initiative: Opportunities, limitations and challanges for implementing soil organic carbon sequestration as a sustainable development strategy. *Ambio*, *49*, 350–360. https://doi.org/10.1007/s13280-019-01165-2

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Ryals, R., Hartman, M. D., Parton, W. J., DeLonge, M. S., & Silver, W. L. (2015). Long-term climate change mitigation potential with organic matter management on grasslands. *Ecological Society of America*, *25*(2), 531–545. https://doi.org/10.1890/13-2126.1

Sarwani, M. (2002). Pengelolaan air di lahan pasang surut. Dalam I. Ar-Riza, M. Sarwani, & T. Alihamsyah (Ed.), *Pengelolaan air dan tanah di lahan pasang surut.* Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa.

Sarwani, M., Nurida, L. N., & Agus, F. (2013). Greenhouse gas emissions and land use issues related to the use of bioenergy in Indonesia. *J. Litbang Pert.*, *32*(2), 56–66.

Sindhunata. (2011). *Pranata mangsa.* Kepustakaan Populer Gramedia.

Smit, B., Pilifosova, O., Burton, I., Challenger, B., Huq, S., Klein, R. J. T., Yohe, G., Adger, N., Downing, T., Harvey, E., Kane, S., Parry, M., Skinner, M., Smith, J., & Wandel, J. (2018). *Adaptation to climate change in the context of sustainable development and equity*.

Sobirin, S. (2018). Pranata mangsa dan budaya kearifan lingkungan. *Jurnal Budaya Nusantara*, *2*(1), 250–264.

Sulaiman, A. A., Agus, F., Noor, M., Dariah, A., Irawan, B., & Surmaini, E. (2018). *Jurus jitu menyikapi iklim ekstrim El Nino dan La Nina untuk pemantapan ketahanan pangan.* IAARD Press.

Suprihati. (2019, 11 Desember). *"Nyabuk gunung", Budaya memuliakan tanah dan menekan erosi.* Kompasiana. https://www.kompasiana.com/nprih/5df0945fd541df69d204f0d3/nyabuk-gunung-budaya-menekan-erosi-dan-memuliakan-tanah

Sutton, M. A., & Bleeker, A. (2013). Environmental science: The shape of nitrogen to come. *Nature*, *494*, 435–437. https://doi.org/10.1038/nature11954

Syahputra, A., Asyiah, I. N., & Iqbal, M. (2019). Studi etnologi pengendalian hama dan penyakit tanaman pada masyarakat Kabupaten Situbondo, Jawa Timur. Dalam *Prosiding seminar nasional masyarakat biodiversitas Indonesia volume 5 nomor 3* (438–443).

Timmermann, A. (2001). Changes of ENSO stability due to greenhouse warming. *Geophysical Research Letter*, *28*(10), 2061–2064.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Timmermann, A., Oberhuber, J., Bacher, A., Esch, M., Latif, M., & Roeckner, E. (1999). Increased El Nino frequency in a climate model forced by future greenhouse warming. *Nature*, *398*, 694–697.

Widjaja-Adhi, I. P. (1995). *Pengelolaan tanah dan air dalam pengembangan sumber daya lahan rawa untuk usaha tani berkelanjutan dan berwawasan lingkungan.* Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.

Windia, W., Pusposutardjo, S., Sutawan, N., Sudira, P., & Arif, S. S. (2005). Sistem irigasi subak dengan landasan Tri Hita Karana (THK) sebagai teknologi sepadan dalam pertanian beririgasi. *SOCA: Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, *5*(3), 43939. https://ojs.unud.ac.id/index.php/soca/article/view/4095

Yulia, E., Widiantini, F., & Kurniawan, W. (2018). Pengendalian penyakit tanaman padi dan sayuran dengan ekstrak binahong di Desa Pasirbiru, Kecamatan Rancakalong, Kabupaten Sumedang. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, *2*(7).

Buku ini tidak diperjualbelikan.





Bab 5

Solusi Adaptif Dampak Kenaikan Muka Air Laut

Al Mukhollis Siagian

A. Perubahan Iklim dan Kenaikan Muka Laut

Kunci keberhasilan dalam menghadapi perubahan iklim yang berimplikasi pada peningkatan muka laut adalah kemampuan mengidentifikasi solusi terhadap masalah yang kemudian dikonversi menjadi langkah mitigatif dan preventif. Lantas, bagaimana kondisi perubahan iklim terhadap peningkatan muka laut di dunia? Perubahan iklim yang tengah melanda sungguh mengerikan. Berbagai ungkapan untuk menggambarkan efek destruktif perubahan iklim telah dilontarkan oleh berbagai tokoh dan temuan riset.

Sejumlah perhatian besar telah banyak dilakukan oleh badan internasional, seperti United Nations (UN), National Aeronautics and Space Administration (NASA), National Oceanic and Atmospheric

A. M. Siagian
Common Ground Research Networks, e-mail: almukhollis1998@gmail.com

© 2023 Editor & Penulis
Siagian, A. M. (2023). Solusi adaptif dampak kenaikan muka air laut. Dalam Elza Surmaini, Lilik Slamet Supriatin, & Yeli Sarvina (Ed.), Teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim (113–137). Penerbit BRIN. DOI: 10.55981/brin.901.c720
E-ISBN: 978-623-8372-46-1

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Administration (NOAA), United States Geological Survey (USGS), Group of Twenty (G20), dan AS Institute. Selain itu, terdapat juga riset-riset yang dilakukan secara nasional setiap negara dan universitas di dunia yang menunjukkan bahwa persoalan ini merupakan bahaya nyata yang dahsyat dan memiliki daya rusak berkepanjangan.

Daya rusak dan bahaya nyata yang disebabkan oleh peningkatan muka laut telah diupayakan oleh berbagai negara maupun badan internasional dalam menemukan solusi tepat guna dan tepat hasil. Oleh karena itu, dalam bab ini, kajian dekonstruksi untuk menelaah berbagai solusi yang telah diterapkan oleh negara-negara maju. Selain itu, tulisan ini juga bertujuan memunculkan solusi tepat guna dan tepat hasil. Adapun ruang lingkup bab ini terdiri atas multifaktorial peningkatan muka laut, titik temu peningkatan muka laut dan penurunan tanah, beraneka solusi mal-adaptif peningkatan muka laut, dan gagasan teknologi Chi A Gian sebagai solusi tepat untuk peningkatan muka laut.

B. Multifaktorial Peningkatan Muka Laut

Perubahan iklim yang dipacu pemanasan global begitu masif memengaruhi terjadinya bermacam-macam perubahan efek destruktif pada berbagai bidang kehidupan dan munculnya permasalahan baru. Kekhawatiran yang sudah lama diprediksi para ilmuwan sebagai dampak destruktif dari krisis iklim kini menjadi kenyataan dan bahkan sudah merambah pada arus perekonomian. Hal ini disebabkan bahwa pemanasan global telah menyebabkan terjadinya pencairan lumbung es dunia di kutub secara bersamaan dan berdaya ekstrem. Pencairan es yang terjadi merupakan faktor utama dari terjadinya peningkatan muka laut. Setidaknya, pada akhir abad ini terjadi peningkatan muka laut setinggi 1,2 meter dan dapat mencapai 2,4 meter (Dennis & Mooney, 2016). Ketika Perjanjian Paris disusun, pihak-pihak yang merumuskannya meyakini bahwa lapisan Antarktika akan tetap stabil, bahkan ketika planet ini menghangat beberapa derajat, harapannya laut naik hanya satu meter pada akhir abad ini (Crist, 2018). Pada tahun yang sama, NASA mendapati bahwa harapan itu terlalu muluk,

Buku ini tidak diperjualbelikan.

menunjukkan bahwa satu meter bukan batas atas, melainkan batas bawah (Wallace, 2019).

Pada tahun 2100, apabila emisi gas rumah kaca (GRK) tidak dihentikan, sekitar 5% populasi dunia akan mengalami kebanjiran setiap tahun (Hinkel dkk., 2014). Kemudian, penelitian tahun 2018 juga melaporkan bahwa laju pelelehan lapisan es Antarktika berlipat tiga kalinya hanya dalam satu dasawarsa kemarin (University of Leeds, 2018). Peningkatan muka laut merupakan salah satu akibat dari mencairnya es yang disebabkan oleh pemanasan global dan berada di atas misteri dasar tanggapan manusia serta adanya lapisan ketidaktahuan epistemologis lebih tebal dari aspek lain sains perubahan iklim. Pecahnya es merupakan persoalan fisika baru, yang jarang diamati sepanjang sejarah manusia sehingga belum dipahami dengan baik (Zeebe dkk., 2016).

Peningkatan muka laut merupakan permasalahan global yang multifaktorial bersifat kompleks-fundamental terkait dengan kesehatan, ekonomi, dan perilaku manusia, serta pola hajat hidup masyarakat, terutama yang berdomisili di pesisir pantai. Asia Tenggara sebagai salah satu wilayah yang berpotensi untuk tenggelam ketika terjadinya peningkatan muka laut secara ekstrem, tidak terkecuali Indonesia, dan sebagaimana yang terdapat dalam buku *Bumi Yang Tak Dapat Dihuni* memprediksikan bahwa Jakarta sebagai ibu kota negara Indonesia akan tenggelam pada tahun 2050 (Wallace, 2019). Perlu diingat bahwa Indonesia kaya akan pulau-pulau kecil yang dapat dimaksimalkan atas seluruh potensi di dalamnya, tetapi dapat berujung sia-sia karena ditenggelamkan oleh lautan begitu saja akibat kenaikan muka laut. Merujuk dari Undang-Undang Nomor 6 Tahun 1996 tentang Perairan Indonesia, jumlah pulau di Indonesia sebanyak 17.508 pulau (pulau besar dan pulau kecil). Namun, perhatian terhadap kedaulatan pulau-pulau kecil bagian terluar mulai dilakukan karena adanya permasalahan *effective occupation* terhadap empat pulau, yaitu Pulau Ligitan, Pulau Sipadan, Pulau Kambing, dan Pulau Yako. Pada tahun 2019, jumlah pulau Indonesia yang terdaftar ke PBB melalui sidang United Nations Group of Expert on Geographical Names

Buku ini tidak diperjualbelikan.

(UNGEGN) memiliki jumlah sebanyak 16.671 pulau. Kemudian, dilakukan penambahan jumlah pulau (tertera pada Gazeter Nasional) pada tahun 2020 sehingga berjumlah 16.771 pulau (Badan Informasi Geospasial, 2020). Selanjutnya pada tahun 2021, melalui Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2017 tentang Penetapan Pulau-Pulau Kecil Terluar, Indonesia mempunyai 111 pulau-pulau kecil terluar yang akan dilaporkan kembali ke sidang UNGEGN.

Apabila pengajuan 111 pulau-pulau kecil terluar tersebut diterima, Indonesia tetap kehilangan pulau sebanyak 626 pulau. Kehilangan daulat terhadap 626 pulau tentu merupakan kondisi yang sangat merugikan. Namun, sudah pasti jumlah sebanyak itu bukanlah permasalahan *effective occupation* maupun pencurian oleh negara lain. Jelas, percepatan aliran es dari gunung es dan runtuhnya lapisan es di Antarktika yang berbanding lurus dengan peningkatan muka laut global telah menimbulkan risiko besar bagi pulau-pulau kecil di Indonesia (Siagian, 2022b). Menurut penelitian, peningkatan muka laut di wilayah pesisir Sumatra Barat, yaitu Pariaman, akan mengalami laju kenaikan muka air laut mencapai 2.006 cm/tahun (Putri dkk., 2021).

Berdasarkan luas daratan dan melalui beberapa laporan penelitian, dijelaskan bahwa peningkatan muka laut makin sulit untuk diprediksi. Lebih lanjut, pada tahun 2021 ditemukan beberapa dampak proyeksi dari peningkatan muka laut di berbagai wilayah meliputi pantai di Sundarbans, yaitu hilangnya wilayah daratan secara besar-besaran. Pada berbagai skenario, Pantai Arktik mundur dengan kecepatan dua hingga tiga meter per tahun karena sebagian besar penurunan es laut dan naiknya permukaan laut, serta ketahanan pesisir di Maryland dan wilayah Teluk Chesapeake yang sangat dipertanyakan (Kenney & Gerst, 2021).

Dampak kenaikan muka laut menyebabkan kerugian dan kerusakan kondisi kehidupan manusia pada berbagai bidang. Dampak tersebut juga dapat dilihat dari kategori sosial, khususnya jenis kelamin, usia, dan suku asli yang berinteraksi dengan peristiwa iklim (Dorkenoo dkk., 2022). Aset budaya pun tidak dapat terhindar dari

Buku ini tidak diperjualbelikan.

dampak buruk sebagai konsekuensialitas peningkatan muka laut yang mengakibatkan sebagian besar masyarakat dunia kehilangan fakta sejarah. Perubahan iklim telah mengubah lingkungan fisik alam (termasuk mencairnya es) dengan konsekuensi serius bagi pelestarian sumber daya budaya (Sesana dkk., 2021).

Pada sisi lain, faktor yang memicu makin ngerinya dampak dari peningkatan muka laut juga dipengaruhi oleh upaya para *stakeholders* yang kurang maksimal. Setidaknya terdapat dua kategori, yaitu pertama, meliputi kumpulan praktik terorganisasi, pengorganisasian subjek (dalam hal ini, iklim, dan dampak terkait iklim) diatur, tetapi kurang pada korelasi antara kualitas tata kelola, kerentanan pulau, dan kapasitas adaptasi; dan kedua, disparitas dalam kebijakan publik lokal atau setidaknya tidak adanya budaya umum manajemen risiko melalui perencanaan kota (Robert & Schleyer-Lindenmann, 2021).

Kurang maksimalnya peran *stakeholders* dalam upaya, baik pencegahan maupun penanganan, terhadap peningkatan muka laut mengakibatkan kerugian pada sektor transportasi sebesar 1,9 juta TEU dan lebih dari 22 juta ton kargo pada tahun 2100, sedangkan biaya adaptasi akan melebihi 40 juta euro dan 0,95 penurunan standar deviasi dalam kinerja pariwisata menyusul peningkatan sebesar 1 standar deviasi dalam kerugian ekonomi terkait kenaikan permukaan laut (Yong, 2021; Sierra & Kintz, 2015). Kenaikan permukaan laut diproyeksikan akan terus terjadi sampai setelah tahun 2100, bahkan jika konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer stabil pada abad ini (Nicholls dkk., 2021).

Mengacu dari seluruh kondisi yang telah dipaparkan, terbentuk sebuah potret bahwa ketidakpastian global akibat kenaikan muka laut bagi populasi dunia menjadi masalah besar yang perlu solusi segera. Ketidakpastian yang terkandung di dalamnya memberikan malapetaka mengerikan untuk masa depan populasi dunia. Penulis juga menemukan irisan abstraksi antara peningkatan muka air laut dan penurunan tanah sebagai kondisi bahaya metadaya (kekuatan daya rusak bersifat jauh melampaui dari proyeksi dan temuan dalam penelitian selama ini) bagi dunia. Penulis melakukan pendalaman

Buku ini tidak diperjualbelikan.

secara teoretis dan praktis mengenai peningkatan muka laut dengan merumuskan tiga pertanyaan akademis. Pertama, adakah faktor lain yang menjadikan bahaya kenaikan muka laut berlipat ganda selain pemanasan global? Kedua, bagaimana solusi yang sudah ada dapat diterapkan dalam mengatasi peningkatan muka laut oleh dunia (sejumlah negara arus utama)? Ketiga, apa solusi yang tepat untuk menangani peningkatan muka laut?

Menjawab pertanyaan tersebut, penulis menggunakan metode penyajian kualitatif dengan pendekatan agregasi dan perbandingan data, metode pakar, dan kajian literatur sistematis. Data agregat dan perbandingan digunakan untuk memberikan analisis situasi peningkatan muka laut secara historis dan saat berlangsung. Pengumpulan dokumen dan data dilakukan langsung dari IPCC, Lembaga Penelitian Iklim, NASA, Google Scholar (GS), Scopus, dan DOAJ. Metode pakar diterapkan untuk berkonsultasi dengan ahli di bidang geografi, kebijakan publik, lingkungan, hidrologi, dan iklim sehingga membentuk dasar ilmiah tentang peningkatan muka laut. Metode pakar dilakukan bersama dengan beberapa ilmuwan akademis yang berasal dari Universitas Sumatra Utara, Universitas Riau, Universitas Andalas, Universitas Negeri Padang, dan Perpustakaan Nasional Indonesia.

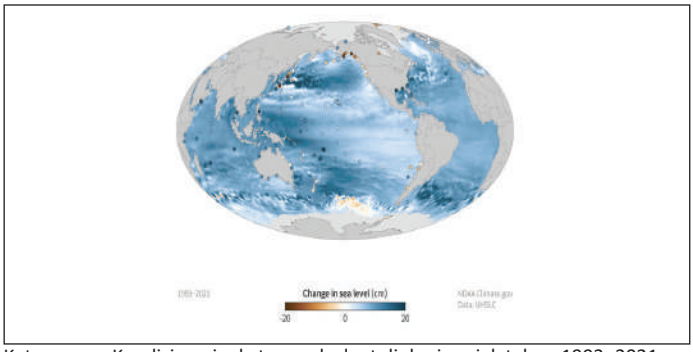
Selanjutnya, kajian literatur sistematis penulis gunakan untuk menilai dan mengevaluasi penelitian sebelumnya dalam rangka menemukan kesenjangan pengetahuan dan memosisikan kebutuhan akademis dan praktis lebih lanjut (Charmaz, 2006). Penulis telah menyelami banyak sumber informasi yang disediakan oleh berbagai basis data. Salah satu pedoman yang paling banyak diterima oleh peneliti arus utama untuk tinjauan sistematis adalah *The Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis* (*PRISMA*) *Guideline* (Page dkk., 2021). Panduan PRISMA digunakan sebagai pemandu dalam pencarian literatur relevan dengan mengidentifikasi jalur sintesis secara sistemis. Penelusuran literatur dilakukan dengan menggunakan database Google Scholar (Haddaway dkk., 2015), Scopus, dan DOAJ (Ennas & Di Guardo, 2015). Penulis

Buku ini tidak diperjualbelikan.

memperoleh 82 artikel dari Scopus dan DOAJ serta 431 artikel yang awalnya diidentifikasi dari GS. Namun, bahasan yang masih terlalu lebar membuat penulis melakukan iterasi secara sistematis terhadap 68 artikel berdasarkan kriteria, sebagai berikut (1) sebagai kajian internasional, artinya lokasi penelitian harus berbagai negara di luar Indonesia; (2) penelitian harus disajikan sebagai laporan lengkap; (3) studi harus secara substansial membahas perilaku seksual pemuda; dan (4) literatur tidak boleh merupakan duplikat dari sumber lain. Secara keseluruhan, penelitian yang penulis lakukan memiliki durasi waktu selama dua tahun yang dimulai sejak April tahun 2020 dan selesai pada April 2022.

C. Titik Temu Penurunan Tanah dan Peningkatan Muka Laut

Terdapat lima dimensi kehidupan manusia yang telah dihantam oleh kenaikan muka laut; dimensi daratan (Putri dkk., 2021; Huismans dkk., 2022), dimensi antropologi (Sesana dkk., 2021), dimensi ekonomi (Handwerger dkk., 2021; Dorkenoo dkk., 2022), dimensi pemerintahan dan kebijakan (Robert & Schleyer-Lindenmann, 2021; Yong, 2021), serta dimensi udara (Nicholls dkk., 2021). Rata-rata kenaikan muka laut di dunia dari tahun 1880 hingga 2009 adalah sekitar 210 mm. Tren linier dari 1900 hingga 2009 adalah 1,7 ± 0,2



Keterangan: Kondisi peningkatan muka laut di dunia sejak tahun 1993–2021
Sumber: NOAA Climate.gov (2022)

Gambar 5.1 Sebaran Wilayah Kenaikan Muka Laut (1993–2021)

Buku ini tidak diperjualbelikan.

mm tahun^{-1} dan sejak 1961 adalah 1, 9 ± 0,4 mm tahun^{-1}. Terdapat variabilitas yang cukup besar dalam tingkat kenaikan selama abad ke-20, tetapi telah terjadi percepatan yang signifikan secara statistik sejak 1880 dan 1900 sebesar 0,009 ± 0,003 mm tahun^{-2} dan 0,009 ± 0,004 mm tahun^{-2} (Church & White, 2011).

Sekilas, peningkatan muka laut belum menemukan titik sentral bahaya dahsyatnya dalam penyelidikan para ahli (termasuk para ilmuwan dan peneliti). Hal ini dikarenakan sebagian besarnya hanya terpaku pada fenomena peningkatan muka laut sebagai konsekuensi dari pemanasan global. Benar bahwa pemicu dominan terjadinya peningkatan muka laut adalah pemanasan global (terjadinya peningkatan temperatur bumi) yang menyebabkan gletser mengalami penyusutan serta hilangnya massa es di Greenland dan Antarktika. Muatan es di Selandia Baru berpotensi kehilangan gletser sebesar 79% dan Alpen Eropa sebesar 90% seperti yang dilaporkan oleh ahli geofisika dari Universitas Alaska di Amerika Serikat tahun 2011. Kedua daerah tersebut merupakan letak gletser terbesar di dunia.

Pencairan lumbung es secara alami terus menyumbangkan gas metana dikarenakan terjadinya pencairan lapisan *permafrost* (Oblogov dkk., 2020). Kondisi ini membentuk siklus dilematis, di mana gas metana makin memperbesar daya pemanasan global, kemudian es tercairkan lebih besar, gas metana dari dalam es makin banyak keluar, dan muka laut makin melahap daratan secara signifikan. Akibatnya, di banyak tempat, pantai akan bergeser sampai 160 kilometer menuju pemukiman masyarakat. Sebagai contoh, Arkansas dan Vermont yang terkurung daratan sekarang bakal memiliki pantai. Kenaikan muka laut 80 meter adalah batas, tetapi potensi besar manusia akan sampai pada titik itu (Wallace, 2019). Kumulatif peningkatan muka laut saat ini telah berdampak langsung pada 110 juta populasi manusia dengan kondisi di bawah garis air pasang dan 250 juta di bawah tingkat banjir tahunan. Satu miliar orang saat ini menempati tanah kurang dari 10 m di atas garis pasang; 630 juta manusia berada di bawah proyeksi tingkat banjir tahunan pada tahun 2100 dan 340 juta untuk pertengahan abad ini (Kulp & Strauss, 2019).

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Selain pemanasan global sebagai pemicu pencairan es yang berimplikasi terhadap kenaikan muka laut, aktivitas manusia juga telah memicu terjadinya penurunan tanah sehingga menambah daya libas dari bahaya kenaikan muka laut. Artinya, bahaya laten yang sedang dihadapi adalah perpaduan peningkatan muka laut dan penurunan tanah. Kombinasi ini mempercepat frekuensi banjir dan laju erosi daratan (Yu dkk., 2022). Penurunan tanah merupakan masalah lingkungan yang kompleks terkait dengan pembangunan perkotaan, aktivitas pertambangan, dan pemanfaatan lahan yang tidak sesuai dengan ambang ekologis. Kegiatan ekonomi yang dilakukan oleh industri, baik itu terkait pemanfaatan air tanah di area penduduk setempat dengan akses air yang terbatas maupun kegiatan-kegiatan tambang, telah membentuk beban pembangunan yang sulit dikendalikan sehingga melebihi daya dukung alaminya.

Penurunan tanah berkontribusi pada penenggelaman kota-kota pesisir pada masa depan, membuatnya tidak dapat dihuni. Kota-kota bahkan menjadi lebih rentan ketika pemerintah daerah dan masyarakatnya kurang memiliki kesadaran tentang bahaya dan dampak penurunan tanah (Le, 2020). Hal ini memicu terjadinya kesalahan dalam pengambilan keputusan sehingga tindakan yang diambil menjadi tidak efektif (Saputra, 2020). Penduduk di area pesisir yang tak lagi layak huni membuka pintu besar dalam memunculkan masalah-masalah baru, seperti terciptanya konflik sosial—perpindahan penduduk dan perebutan lahan akan sulit untuk dihindarkan. Sebagaimana temuan Prasetyo dkk. (2019) dalam penelitiannya dinyatakan bahwa penurunan tanah yang terjadi (konteks Kecamatan Sayung, Indonesia) telah menyebabkan beberapa dusun tenggelam dan masyarakat berpindah ke dusun lain.

Penurunan tanah dan korelasinya dengan peningkatan muka air laut dipaparkan dalam temuan Erban dkk. (2014). Erban menyatakan bahwa penurunan tanah telah memperparah peningkatan muka laut. Penurunan tanah mengakibatkan peningkatan permukaan laut relatif di wilayah yang mengancam kelangsungan hidup kota-kota pesisir (Yu dkk., 2022). Kumulatif potensi penurunan tanah mencapai 2,2 juta

Buku ini tidak diperjualbelikan.

km^2, atau 1,6% dari daratan; mencakup 1,2 miliar penduduk (setara dengan 19% dari populasi) global (Herrera-Garcia dkk., 2021).

Sebagian besar populasi global yang terpapar potensi penurunan tanah adalah penduduk yang berada di Asia sebesar 86%, yaitu sekitar sepuluh kali gabungan populasi Amerika Utara dan Eropa yang terpapar sebesar 9%. Hasilnya menunjukkan bahwa 97% dari populasi global yang terpapar terkonsentrasi di 30 negara, India dan Tiongkok berbagi dua menempati peringkat teratas potensi penurunan tanah dalam hal luas spasial dan populasi yang terpapar. Mesir dan Belanda memiliki populasi terbesar tinggal di daerah potensial penurunan permukaan laut yang berada di bawah rata-rata permukaan laut. Kepadatan populasi terbesar di daerah potensi penurunan tanah terjadi di Mesir dan Indonesia. Selain itu, penurunan tanah juga akan terus mengalami peningkatan ke depannya seiring dengan meningkatnya jumlah populasi dunia.

D. Beraneka Solusi Mal-Adaptif Peningkatan Muka Laut

Dampak buruk dan tingginya kerusakan yang ditimbulkan oleh peningkatan muka air laut membuat beberapa negara (terutama negara-negara maju) mengantisipasi dengan mengeluarkan berbagai inovasi dalam menciptakan solusi untuk meminimalisasi dampak yang ditimbulkan dari terjadinya peningkatan muka laut ekstrem. Beraneka inovasi teknologi yang telah dikembangkan, antara lain teknologi memompakan air laut ke dalam tanah (Hampton Roads Sanitation District, 2016), *sea wall* di Jerman (University of Oxford, 2020), rumah panggung di Indonesia (Purwanto, 2009), rumah tinggi *mizuya* (Jepang), dan rumah model perahu (Belanda).

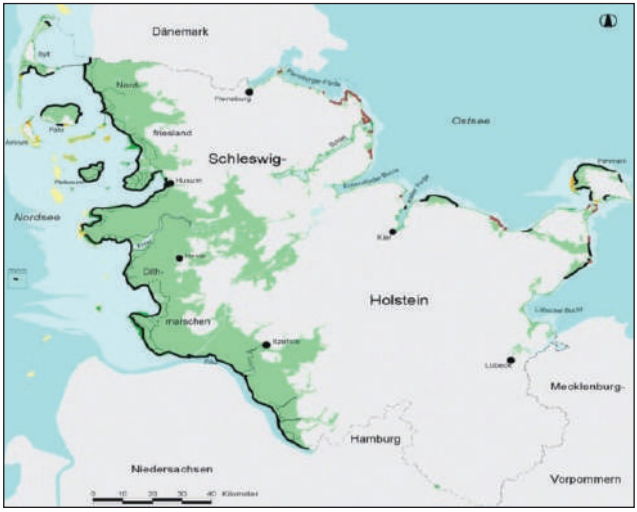
Adaptasi masyarakat atas kenaikan muka laut oleh semua negara berakar pada warisan sejarah panjang pembangunan masyarakat di pesisir pantai. Namun, secara fundamental, solusi yang ditawarkan belum mempertimbangkan prinsip keberlanjutan. Seluruh solusi yang ditawarkan tersebut senantiasa memakan biaya besar dan rusak saat dobrakan badai besar menghantam. Artinya, diperlukan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

pengubahan pendekatan relatif terhadap tiga atau beberapa dekade yang lalu (Lee, 2001; Brady & Boda, 2017) dan membentuk solusi paling *sustainable*, efisien, dan efektif. Proses kebijakan yang mengatur dan formulasi gagasan harus didasarkan pada evolusi panjang tentang peningkatan muka laut yang terus berasimilasi dan berkontribusi pada transformasi solusi tepat guna. Dari deskripsi tentang berbagai solusi mal-adaptif dari negara-negara arus utama tersebut, penulis menguraikan kelemahan dan kerentanannya terhadap bahaya besar peningkatan muka laut.

1. Jerman

Hampir seperempat dari negara Jerman (sekitar 4.000 km^2) terletak di dataran rendah pesisir berisiko terkena banjir. Lebih dari 350.000 orang tinggal di daerah ini dalam lingkaran sekitar 1.100 km garis pantai. Artinya, tingkat kerentanan populasi di sana dari ancaman



Keterangan: Garis hitam tebal dibentuk untuk tanggul negara, garis cokelat untuk tanggul regional, dan garis hitam tipis untuk tanggul tengah.
Sumber: Hofstede (2019)

Gambar 5.2 *Sea Wall* (Jerman)

Buku ini tidak diperjualbelikan.

laut sangat tinggi. Atas dasar itu, Jerman membentuk *sea wall* untuk melindungi dari terjangan laut.

Selama lebih dari dua milenium, penduduk Jerman telah melindungi diri mereka dari gelombang badai melalui *sea wall* (Gambar 5.2). Namun, gelombang badai hebat yang berulang (tahun 1362, 1634, 1717, 1825, dan 1962) telah berulang kali menyebabkan jebolnya tanggul, tanggul terus diperbaiki dan diperkuat (Hofstede, 2019). Sekilas, tampaknya *sea wall* merupakan solusi yang tepat untuk menghadapi peningkatan muka laut, tetapi efektivitas dan efisiensinya sangat rendah, terutama ketika terjadinya badai. Apabila penurunan tanah dimasukkan dalam perhitungan bahaya, *sea wall* tidak mampu melindungi penduduk (bahkan memunculkan bahaya berlipat) terhadap kenaikan muka laut.

2. Jepang

Seyogianya, Jepang juga telah menerapkan *sea wall* untuk melindungi negaranya dari amukan laut. *Sea wall* Jepang mencapai angka yang tinggi, sebesar 40% telah dibangun mengelilingi garis pantainya.



Keterangan: Model rumah *mizuya* yang dapat mengapung
Sumber: Cho (1996)

Gambar 5.3 *Mizuya* (*Raized Houses*)

Buku ini tidak diperjualbelikan.

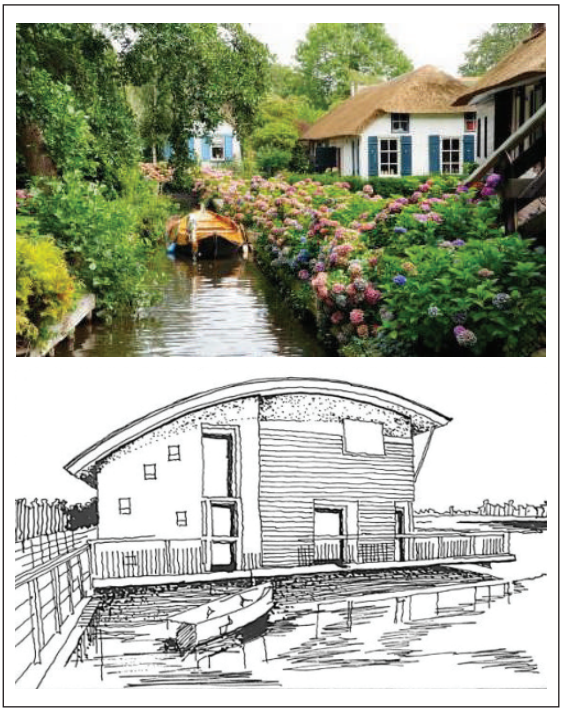
Namun, bencana besar (*tsunami*) pada 11 Maret 2011 merobohkan tanggul tersebut dengan tingkat kerugian yang merenggut nyawa sebanyak 15.000 jiwa dan kehilangan finansial sebesar 210 miliar dolar Amerika Serikat (Boret & Gerster, 2021). Kondisi ini memperlihatkan kesesuaian dengan argumen penulis (pada bagian Jerman) bahwa *sea wall* berpotensi menimbulkan bahaya berlipat dari amukan laut.

Secara khusus, gagasan Jepang untuk mengantisipasi peningkatan muka laut, khususnya banjir yang disebabkan peningkatan muka laut, adalah rumah tinggi *mizuya* (Gambar 5.3). Rumah *miyuza* memiliki atap jerami yang dirancang untuk mengapung di atas air jika terjadi banjir ekstrem. Menurut penulis, membangun rumah *mizuya* tidak dapat diandalkan untuk menghadapi banjir yang diakibatkan oleh peningkatan muka laut, mengacu pada pergeseran garis pantai secara signifikan. Artinya, terjangan air laut (baik itu banjir sebagai salah satu wujudnya) adalah banjir ekstrem yang belum pernah kita saksikan sepanjang sejarah.

3. Belanda

Sebagian besar wilayah Belanda, lebih dari setengah pendapatan domestik bruto (PDB) nasional dan populasi, terletak di bawah permukaan laut rata-rata. Sejak awal abad ke-20, sejumlah bencana badai memicu pembangunan infrastruktur yang mengurangi panjang garis pantai hingga saat ini sekitar 450 km. Standar perlindungan pantai didasarkan pada penilaian risiko yang membahas kemungkinan individu menjadi korban gelombang pantai. Hal ini berarti langkah yang diambil telah merancang minimalisasi dampak dari gelombang badai yang memiliki kemungkinan terjadinya terendah per 10.000 tahun untuk sebagian besar wilayah pesisir. Langkah ini mirip dengan infrastruktur *sea wall* Jerman yang terdiri dari campuran langkah-langkah pertahanan banjir struktural dan program nutrisi pasir yang bertujuan untuk mempertahankan garis pantai pada posisinya saat ini, termasuk penghalang gelombang badai di lima lokasi muara (Alphen, 2016). Struktur tata kelola multilevel melekat pada pengelolaan air dan risiko Belanda (OECD, 2014).

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Keterangan: Penataan rumah terapung penduduk desa
Sumber: Ngo dan Hoang (2020)

Gambar 5.4 Rumah Desa Terapung Belanda

Selain itu, Belanda juga menghadapi peningkatan muka laut dengan membangun model rumah yang didesain seperti perahu yang dapat mengapung di atas air dalam segala kondisi cuaca. Desain Dura Vermeer (Belanda) menawarkan proyek "Desa Terapung" untuk sekitar 12.000 orang di dekat Bandara Schiphol, tidak jauh dari Amsterdam (Gambar 5.4). Rancangan tersebut menata rumah-rumah terapung yang membentuk klaster. Contoh khasnya adalah desa ekologis kuno di Provinsi Overjssel (terbentuk dari tahun 1230 dan masih ada sampai sekarang) berjarak 148 km dari Amsterdam.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

4. Inggris

Sistem pertahanan pantai di Inggris dari garis pantai sepanjang 5.000 km juga telah dibentuk oleh kondisi badai ekstrem selama berabad-abad. Sejak badai Laut Utara tahun 1953, telah terjadi evolusi progresif pengelolaan yang terus berlanjut (Nicholls dkk., 2013; Haigh dkk., 2020). Hal ini termasuk pengembangan sistem prakiraan dan peringatan bersama dengan pertahanan yang lebih baik dan lebih luas serta penggunaan penilaian risiko ekonomi dan manfaat-biaya.

Pada tahun 1990-an, terjadi pergeseran paradigma kebijakan pesisir menuju perspektif "risiko sistemik", yang mengakui bahwa risiko dipengaruhi oleh banyak faktor (misalnya, sumber seperti gelombang dan kenaikan muka laut). Terdapat beberapa langkah terstruktur yang dilakukan oleh Inggris untuk menghadapi peningkatan muka laut, yaitu *sand dunes, sea walls, groins, rock armor*, dan *nourishment* (Kantamaneni dkk., 2022).

5. Indonesia

Salah satu solusi menghadapi kenaikan muka laut yang dilakukan di Indonesia adalah metode *managed retreat*. Ini merupakan salah satu strategi adaptasi dan manajemen risiko terhadap bahaya pesisir dengan cara memindahkan infrastruktur, penduduk, dan asetnya (relokasi) dari area pesisir ke daratan yang lebih tinggi (Lawrence dkk., 2020). Aksi nyata dari strategi ini terlihat dari rencana pemerintah memindahkan ibu kota negara dari Jakarta ke Nusantara di Kalimantan Timur. Selain urgensi terkait pemerataan ekonomi dan inklusivitas, rencana pemindahan ini juga sebagai strategi mengantisipasi kenaikan muka laut bagi penduduk pesisir (Van de Vuurst & Escobar, 2020).

Selain di Indonesia, metode *managed retreat* didekati dan disebarkan secara berbeda di seluruh dunia. Seperti di Senegal, telah dilakukan relokasi nelayan padat penduduk di Distrik Guet'Ndar di Saint Louis (World Bank, 2018). Di negara-negara maju (Amerika Utara, Eropa Utara, dan Eropa Barat), *managed retreat* mendapat tanggapan dan dukungan publik sehingga menjadikan strategi ini sebagai solusi paling populer menghadapi peningkatan muka laut.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Namun, bukan berarti penerapannya sama sekali bebas dari kendala. Di Amerika Serikat, *managed retreat* terbatas oleh kondisi psikologis penduduk dan institusional pemerintahan (Siders, 2019). Di sebagian Eropa yang lain, meskipun mengelola risiko banjir melalui *depoldering* memberikan manfaat ekosistem, mereka masih cenderung pada penggunaan *sea wall* (Goeldner-Gianella dkk., 2015).

Bragg dkk. (2021) menggarisbawahi bahwa penggunaan istilah *managed retreat* dapat menimbulkan kecemasan di antara penduduk yang paling tidak mampu bergerak, menimbulkan resistensi dari yang terkena dampak, dan pengabaian kebijakan. Bragg dkk. (2021) mencatat bahwa penggunaan terminologi yang tepat dan strategi komunikasi tetap penting untuk meningkatkan penerimaan *managed retreat*.

Berangkat dari kerangka berpikir bahwa dunia sedang berhadapan dengan peningkatan muka laut dan penurunan tanah, penggunaan *managed retreat* adalah solusi yang paling tidak memungkinkan dan telah memunculkan jebakan berbahaya. Penggunaan *managed retreat* akan makin meningkatkan muka laut pada bagian daratan lain dan penurunan tanah pun makin meningkat.

E. Gagasan Stabilitas Muka Laut

Pada bagian ini, penulis menawarkan solusi yang tepat guna dan berkelanjutan untuk menangani peningkatan muka laut. Temuan penulis menunjukkan bahwa berbagai solusi untuk menghadapi peningkatan muka laut yang telah dikemukakan sebelumnya tidak akan mampu melindungi bumi dan populasi dunia secara berkesinambungan. Argumen ini penulis bangun berdasarkan dua catatan temuan dan dua catatan kausalitas berikut ini.

Temuan *pertama*, peningkatan muka laut berpotensi menggeser garis pantai sampai sejauh 160 km ke daratan dengan kumulatif peningkatan berdampak langsung berada pada angka 20% dari populasi dunia pada tahun 2100-an (termasuk memperhitungkan dampak intensitas banjir dan/atau curah hujan berskala besar). *Kedua*, faktor penambah daya bahaya peningkatan muka laut juga dipicu oleh

Buku ini tidak diperjualbelikan.

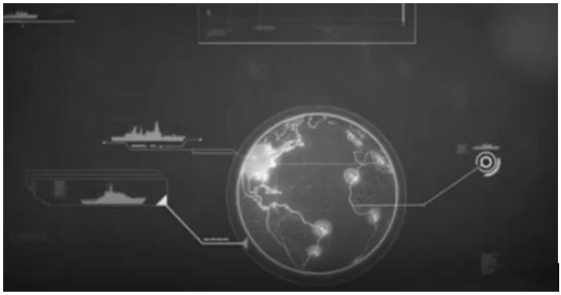
penurunan tanah. Kumulatif penurunan tanah telah mencapai angka 2,2 juta km², atau 1,6% dari daratan; mencakup 1,2 miliar penduduk, setara dengan 19% dari populasi dunia.

Kedua temuan tadi menyebabkan konsekuensi *pertama*, yakni 60% dari populasi dunia akan terdampak bahaya besar dari peningkatan muka laut yang diperparah oleh penurunan tanah di tahun 2100-an. Pergeseran pantai mampu mencapai 480 km ke arah daratan (termasuk memperhitungkan penurunan tanah yang terjadi beriringan) dan besaran daratan tidak layak huni mencapai 5,6 juta km². Konsekuensi kedua ialah pergeseran muka laut yang jauh ke daratan. Jika terjadi tsunami berskala kecil saja, angka populasi yang menderita dari peningkatan muka laut menjadi 62%.

Atas dasar tersebut, terdapat dua paradigma solutif untuk pencegahan peningkatan muka laut dan penurunan tanah (yang juga mengalami peningkatan signifikan). *Pertama*, melindungi daratan dan populasi dari bahaya dan amukan laut dan membentuk daratan alternatif layak huni. Namun, hal tersebut tidak cukup jika hanya sekadar memunculkan solusi jangka pendek terhadap peningkatan muka laut, termasuk hanya sebatas beradaptasi dan menghadapinya. Dibutuhkan upaya lebih, yaitu paradigma yang *kedua***,** yakni mengelola dan mengendalikan peningkatan muka laut. Kemudian, dalam rangka menindaklanjuti paradigma tersebut, solusi yang digagas adalah pendekatan Chi A Gian Stabilitas Volume Air Laut (Siagian, 2022a). Gagasan ini mengacu dari kebutuhan global berdasarkan cakrawala dimensi waktu, skenario iklim, dan representasi ketidakpastian.

Paradigma pertama, pendekatan Chi A Gian dirancang berbentuk kapal selam dan digagas dengan sistem kerja untuk membekukan laut di Antarktika, Greenland, dan menormalisasi gletser yang telah mencair (simulasinya dapat dilihat di Siagian, 2022c). Cara kerjanya, kapal selam dirancang dengan fitur penyerap tenaga laut sebagai energi untuk menghasilkan pembekuan terhadap laut. Artinya, teknologi ini tetap ramah lingkungan dan tidak berkontribusi terhadap pemanasan global.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Keterangan: Prototipe stabilitas muka laut diletakkan pada area lautan yang telah mengalami kenaikan muka laut secara signifikan di area daratannya.
Sumber: Siagian (2022c)

Gambar 5.5 Pendekatan Stabilitas Muka Laut

Kemudian, untuk daya dapat diperincikan bahwa setiap satu unit Chi A Gian yang diletakkan pada titik tertentu akan dipasang *power* pembeku laut dengan jangkauan setiap unit menghasilkan bekuan es seluas 1 mil (relatif dan pengaturan *power* dapat ditingkatkan). Artinya, untuk keseluruhan dibutuhkan beberapa unit Chi A Gian dalam membentuk kinerja untuk menjaga stabilitas muka laut. Paradigma kedua, konsep Chi A Gian diperuntukkan membentuk daratan baru di atas lautan bertekstur es. Setelah dataran berbasis es terbentuk, setiap sisi terluarnya diperkuat dengan semen. Prototipe Chi A Gian disajikan pada Gambar 5.5.

Terakhir, pendekatan Chi A Gian, selain berfungsi sebagai solusi terhadap peningkatan muka laut dan penurunan tanah, juga dapat berfungsi sebagai alat pertahanan negara. Pendekatan Chi A Gian dapat dikonstruksi untuk membentuk benteng es di dalam lautan sehingga mampu menghentikan kapal selam (sekalipun Tsar Bomba) dari negara-negara lain yang melakukan operasi di lautan. Hingga saat ini, teknologi kapal selam Tsar Bomba seperti kepemilikan Rusia, yang disinyalir mampu menenggelamkan daratan, bahkan negara dengan tenaga nuklirnya dalam membentuk *tsunami* buatan, belum memiliki teknologi pengadang dari negara maju sekalipun.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

F. Penutup

Kenaikan muka air berpotensi menggeser garis pantai sampai sejauh 160 km ke daratan dengan kumulatif peningkatan berdampak langsung berada pada angka 20% dari populasi dunia pada tahun 2100-an (termasuk memperhitungkan dampak intensitas banjir dan/atau curah hujan berskala besar). Selain itu, terdapat faktor penambah daya bahaya kenaikan muka laut, yaitu terjadinya penurunan tanah. Kumulatif penurunan tanah mencapai angka 2,2 juta km^2, atau 1,6% dari daratan; mencakup 1,2 miliar penduduk (setara dengan 19% dari populasi) global.

Konsekuensinya, 60% dari populasi bumi akan terdampak bahaya besar dari kenaikan muka laut yang diperparah oleh penurunan tanah di tahun 2100-an. Dengan catatan pergeseran pantai mampu mencapai 480 km ke arah daratan (termasuk memperhitungkan penurunan tanah yang terjadi beriringan) dan besaran daratan tidak layak huni mencapai 5,6 juta km^2.

Menanggapi kondisi demikian, beraneka solusi untuk menghadapi bahaya kenaikan muka laut, seperti teknologi memperlambat penggelamnya tanah, *sea wall*, rumah panggung, rumah tinggi *mizuya*, rumah model perahu, dan *managed retreat* merupakan solusi yang mal-adaptif dan *unimplemented* untuk melindungi bumi dan populasinya.

Mengacu dari kebutuhan global berdasarkan cakrawala waktu, skenario iklim, dan representasi ketidakpastian dari kenaikan muka laut dan penurunan tanah, penulis menawarkan ide Chi A Gian sebagai solusi tepat guna dan berkelanjutan. Kinerjanya, yaitu untuk membekukan air laut (stabilitas muka laut), menambah daratan alternatif layak huni berbasis es, dan memiliki nilai guna tambahan untuk menghadapi teknologi *destroyer* Tsar Bomba yang mampu menekan gelombang air laut sehingga menimbulkan *tsunami* buatan (jika dibutuhkan).

Meskipun demikian, dalam rangka menindaklanjuti gagasan yang penulis tawarkan untuk menghadapi bahaya laten dari kenaikan muka laut, disarankan kepada seluruh masyarakat Indonesia untuk

Buku ini tidak diperjualbelikan.

mendukung keterwujudan pembuatan teknologinya. Secara khusus, penulis berharap kepada pemangku kebijakan (eksekutif dan legislatif) Republik Indonesia, BRIN, BNPB, dan BMKG dapat mendukung secara materiel dan morel dalam mewujudkan teknologi stabilitas muka laut yang penulis gagas.

Referensi

Alphen, J. V. (2016). The Delta Programme and updated flood risk management policies in the Netherlands. *Journal of Flood Risk Management*, *9*, 310–319.

Badan Informasi Geospasial. (2020). *Gazeter nasional tahun 2020*. https://sinar.big.go.id/detail/download/MS1HYXpldGVyLU5hc2lvbmFsLTIwMjAyLnBkZg==

Boret, S. P., & Gerster, J. (2021). Social lives of tsunami walls in Japan: Concrete culture, social innovation and coastal communities. Dalam *IOP conference series: Earth and environmental science 630* (012029).

Brady, A. F., & Boda, C. S. (2017). How do we know if managed realignment for coastal habitat compensation is successful? Insights from the Implementation of the EU Birds and Habitats Directive in England. *Ocean & Coastal Management*, *143*, 164–174.

Bragg, W. K., Gonzalez, S. T., Rabearisoa, A., & Stoltz, A. D. (2021). Communicating managed retreat in California. *Water*, *13*(6), 781.

Charmaz, K. (2006). *Constructing grounded theory: A practical guide through qualitative analysis*. Sage Publications.

Cho, I. (1996). *A guide to places of historical interest in the lower Yoshino Basin (in Japanese)*. Tokushima Work Office, Ministry of Construction.

Church, J. A., & White, N. J. (2011). Sea-level rise from the late 19th to the early 21st century. *Surv Geophys*, *32*, 585–602. https://doi.org/10.1007/s10712-011-9119-1.

Crist, M. (2018, 22 Februari). *Beside, I'll be dead*. London Review of Books. Diakses pada tanggal 15 Juli, 2022, dari https://www-lrb-co-uk.translate.goog/the-paper/v40/n04/meehan-crist/besides-i-ll-be-dead?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=id&_x_tr_hl=id&_x_tr_pto=op,sc

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Dennis, B., & Mooney, C. (2016, 30 Maret). Scientists nearly double sea level rise projections for 2100, because of Antarctica. *The Washington Post*. Diakses pada 15 Juli, 2022, dari https://www.washingtonpost.com/news/energy-environment/wp/2016/03/30/antarctic-loss-could-double-expected-sea-level-rise-by-2100-scientists-say/

Dorkenoo, K., Scown, M., & Boyd, E. (2022). A critical review of disproportionality in loss and damage from climate change. *WIREs Climate Change*, *13*(4), e770.

Ennas, G., & Di Guardo, M. C. (2015). Features of Top-Rated Gold Open Access Journals: An Analysis of the Scopus Database. *Journal of Informetrics*, *9*(1), 79–89.

Erban, L. E., Gorelick, S. M., & Zebker, H. A. (2014). Groundwater extraction, land subsidence, and sea-level rise in the Mekong Delta, Vietnam. *Environmental Research Letters*, *9*(8), 084010.

Goeldner-Gianella, L., Bertrand, F., Annaig, O., & Grancher, D. (2015). Depolderisation policy against coastal flooding and social acceptability on the French Atlantic coast: The case of the Arcachon Bay. *Ocean and Coastal Management*, *116*, 98–107.

Haddaway, N. R., Collins, A. M., Coughlin, D., & Kirk, S. (2015). The role of Google Scholar in evidence reviews and its applicability to grey literature searching. *PLoS ONE*, *10*(9), Article 0138237.

Haigh, I. D., Nicholls, R. J., Penning-Rowsell, E. C., & Sayers, P. (2020). Impacts of climate change on coastal flooding, relevant to the coastal and marine environment around the UK. *MCCIP Science Review*, *2020*, 546–565.

Hampton Roads Sanitation District. (2016). Interim financial report for subordinate wastewater bonds. https://www.hrsd.com/sites/default/files/assets/HRSDBondsPDFs/InterimFinancialReportforSubordinateWastewaterBondsSeries2016-ForthePeriodEndedJanuary312023.pdf

Handwerger, L. R., Sugg, M. M., & Runkle, J. D. (2021). Present and future sea level rise at the intersection of race and poverty in the Carolinas: A geospatial analysis. *The Journal of Climate Change and Health*, *3*, Article 100028.

Herrera-Garcia, G., Ezquerro, P., Tomas, R., Bejar-Pizarro, M., Lopez-Vinielles, J., Rossi, M., Mateos, R. M., Carreon-Freyre, D., Lambert, J., Teatini, J., Cabral-Cano, E., Erkens, G., Galloway, D., Hung, W. C., Kakar, N., Sneed, M., Tosi, L., Wang, H., & Ye, S. (2021). Mapping the global threat of land subsidence. *Science*, *371*(6524), 34–36.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Hinkel, J., Lincke, D., Vafeidis, A. T., Perrettec, M., Nicholls, R. J., Tol, R. S. J., Marzeion, B., Fettweis, X., Ionescu, C., & Levermann, A. (2014). Coastal flood damage and adaptation cost under 21st century sea-level rise. *Procedings of the National Academy of Scienses*, *111*(9), 3292–3297.

Hofstede, J. (2019). Kustenschutz in Schleswig-Holstein: ein Uberblick uber Strategien und Maßnahmen. Dalam *Die Kuste 87* (287–302). Westholsteinische Verlagsanstalt Boyens und Co.

Huismans, Y., van der Spek, A., Lodder, Q., Zijlstra, R., Elias, E., & Wang, Z. B. (2022). Development of intertidal flats in the Dutch Wadden Sea in response to a rising sea level: Spatial differentiation and sensitivity to the rate of sea level rise. *Ocean and Coastal Management*, *216*, Article 105969.

Kantamaneni, K., Rice, L., Du, X., Allali, B., & Yenneti, K. (2022). Are current UK coastal defences good enough for tomorrow? An assessment of vulnerability to coastal erosion. *Coastal Management*, *50*(2), 142–159.

Kenney, M. A., & Gerst, M. D. (2021). Synthesis of indicators, datasets, and frameworks available to establish resilience and adaptation indicators: Case study of Chesapeake Bay Region, USA. *Current Climate Change Reports*, *7*, 35–44.

Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2017 tentang Penetapan Pulau-Pulau Kecil Terluar. (2017). https://jdih.setkab.go.id/PUUdoc/175209/Keppres%20No%206%20Tahun%202017.pdf

Kulp, S. A., & Strauss, B. H. (2019). New elevation data triple estimates of global vulnerability to sea-level rise and coastal flooding. *Nature Communications*, *10*, Article 4844.

Lawrence, J., Boston, J., Bell, R., Olufson, S., Kool, R., Hardcastle, M., & Stroombergen, A. (2020). Implementing pre-emptive managed retreat: Constraints and novel insights. *Current Climate Change Reports, 6*, 66–80.

Le, T. D. N. (2020). Climate change adaptation in coastal cities of developing countries: Characterizing types of vulnerability and adaptation options. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, *25*, 739–761.

Lee, M. (2001). Coastal defence and the habitats directive: Predictions of habitat change in England and Wales. *The Geographical Journal*, *167*(1), 39–56.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Ngo, L. M., & Hoang, H. Y. (2020). Climate change and sea level rise response solutions for Can Gio District, Ho Chi Minh City: Potential to adapt ideas from selected developed countries. Dalam L. T. T. Huong & G. M. Pomeroy (Ed.), *AUC 2019: Proceedings of the 15th international asian urbanization conference, Vietnam*. Springer. https://www.springerprofessional.de/en/climate-change-and-sea-level-rise-response-solutions-for-can-gio/18480562

Nicholls, R. J., Hanson, S. E., Lowe, J. A., Slangen, A. B. A., Wahl, T., Hinkel, J., & Long, A. J. (2021). Integrating new sea-level scenarios into coastal risk and adaptation assessments: An ongoing process. *WIREs Climate Change*, *12*(3), Article e706.

Nicholls, R. J., Townend, I. H., Bradbury, A. P., Ramsbottom, D., & Day, S. A. (2013). Planning for long-term coastal change: Experiences from England and Wales. *Ocean Engineering, 71*, 3–16.

NOAA Climate.gov. (2022). *Sea level change (1993-2001)*. https://www.climate.gov/media/14660

Oblogov, G. E., Vasiliev, A. A., Streletskaya, I. D., Zadorozhnaya, N. A., Kuznetsova, A. O., Kanevskiy, M. Z., & Semenov, P. B. (2020). Methane content and emission in the permafrost landscapes of Western Yamal, Russian Arctic. *Geosciences*, *10*(10), Article 412.

OECD. (2014). *Water governance in the Netherlands: Fit for the future?*OECD Publishing.

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., … Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *J Clin Epidemiol*, *134*, 178–189.

Prasetyo, Y., Bashit, N., Sasmito, B., & Setianingsih, W. (2019). Impact of land subsidence and sea level rise influence shoreline change in the coastal area of Demak. Dalam *IOP conference series: Earth and environmental science volume 280* (012006).

Purwanto, E. (2009). "Rumah panggung" for the settlement with sea level rise problem in the fishermen settlement of Tambak Lorok Semarang. *Journal of Coastal Development*, *13*(2), 1–14.

Putri, E. E., Galib, M., & Mubarak. (2021). Analysis of inundation area as an impact of sea level rise in Kota Pariaman District, West Sumatera Province. *Jurnal of Coastal and Ocean Scienses*, *2*(3),193–200.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Robert, S., & Schleyer-Lindenmann, A. (2021). How ready are we to cope with climate change? Extent of adaptation to sea level rise and coastal risks in local planning documents of Southern France. *Land Use Policy, 104*, Article 105354.

Saputra, E. (2020). *Land Subsidence as a Sleeping Disaster Case studies from Indonesia* [Disertasi]. Utrecht University.

Sesana, E., Gagnon, A. S., Ciantelli, C., Cassar, J., & Hughes, J. J. (2021). Climate change impacts on cultural heritage: A literature review. *WIREs Climate Change, 12*(4), Article e710.

Siagian, A. (2022a, 1 April). *Perubahan iklim dan teknologi stabilitas volume air laut*. Bisnis Indonesia. Diakses pada 21 Juli, 2022, dari https://bisnisindonesia.id/article/perubahan-iklim-dan-teknologi-stabilitas-volume-air-laut

Siagian, A. (2022b). *Urgensi intervensi sea level rise di Indonesia*. Generasi Peneliti. Diakses pada 21 Juli, 2022, dari https://generasipeneliti.id/tulisan.php?id=IDfUVBiDhX6QPV&judul=Urgensi-Intervensi-Sea-Level-Rise-di-Indonesia

Siagian, A. [@almukhollis]. (2022c, 12 Mei). *Gagasan CHI A GIAN* [Reel]. Instagram. https://www.instagram.com/reel/Cddmk_njUT2/?igshid=MDJmNzVkMjY=

Siders, A. R. (2019). Managed retreat in the United States. *One Earth*, *1*(2), 216–225.

Sierra-Correa, P. C., & Kintz, J. R. C. (2015). Ecosystem-based adaptation for improving coastal planning for sea-level rise: A systematic review for mangrove coasts. *Marine Policy*, *51*, 385–393. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2014.09.013

Undang-Undang Nomor 6 Tahun 1996 tentang Perairan Indonesia. (1996). https://peraturan.go.id/id/uu-no-6-tahun-1996

University of Leeds. (2018, 13 Juni). *Antarctica ramps up sea level rise*. www.leeds.ac.uk/news/article/4250/antartica_ramps_up_sea_level_rise

University of Oxford. (2020). *Sea-level rise in a 4 degree world* [Video presentasi]. https://podcasts.ox.ac.uk/sea-level-rise-4-degree-world

Van de Vuurst, P., & Escobar, L. E. (2020). Perspective: Climate change and the relocation of Indonesia's capital to Borneo. *Frontiers in Earth Science*, *8*, 5.

Wallace-Wells, D. (2019). *Bumi yang tak dapat dihuni*. Gramedia Pustaka Utama.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

World Bank (2018). *Senegal - Saint-Louis emergency recovery and resilience project (P166538): Combined project information documents / integrated safeguards datasheet (PID/ISDS)* (Report No: PIDISDSA24100).

Yong, E. L. (2021). Understanding the economic impacts of sea-level rise on tourism prosperity: Conceptualization and panel data evidence. *Advances in Climate Change Research, 12*(2), 240–253.

Yu, H., Gong, H., & Chen, B. (2022). *Analysis of superposition effect of land subsidence and sea level rise in Tianjin Coastal area and its emerging risks*. Authorea. https://d197for5662m48.cloudfront.net/documents/publicationstatus/77699/preprint_pdf/7a0ba30512ba1c0d26dda6598f772135.pdf

Zeebe, R. E., Ridgwell, A., & Zachos, J. C. (2016). Anthropogenic carbon release rate unprecedented during the past 66 million years. *Nature Geoscience*, *9*, 325–329.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Bab 6

Teknologi dan Kearifan Lokal untuk Adaptasi Perubahan Iklim pada Sumber Daya Air

Nani Heryani, Popi Rejekiningrum,
Budi Kartiwa, & Hendri Sosiawan

A. Pengaruh Perubahan Iklim pada Sumber Daya Air

Perubahan iklim saat ini makin menjadi perhatian berbagai kalangan. Perubahan iklim juga berdampak terhadap kenaikan frekuensi maupun intensitas kejadian cuaca ekstrem, peningkatan curah hujan dan suhu, serta kenaikan permukaan air laut. Selain itu, perubahan iklim juga meningkatkan tingkat keparahan kekeringan dan menyebabkan kekurangan air tidak hanya pada musim kemarau, tetapi juga pada musim penghujan di daerah-daerah yang kekurangan air. Peningkatan curah hujan yang dipicu dengan berkurangnya daerah resapan air menyebabkan peningkatan aliran permukaan dan risiko banjir, serta mengurangi simpanan air tanah (Şen, 2021)

Peningkatan suhu mengakibatkan peningkatan kebutuhan air, terutama untuk pertanian sebagai sektor yang mengonsumsi

N. Heryani*, P. Rejekiningrum, B. Kartiwa, & H. Sosiawan
Badan Riset dan Inovasi Nasional, *e-mail: naniheryanids@gmail.com

© 2023 Editor & Penulis
Heryani, N., Rejekiningrum, P., Kartiwa, B., & Sosiawan, H. (2023). Teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim pada sumber daya air. Dalam Elza Surmaini, Lilik Slamet Supriatin, & Yeli Sarvina (Ed.), *Teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim* (139–171). Penerbit BRIN. DOI: 10.55981/brin.901.c721, E-ISBN: 978-623-8372-46-1

Buku ini tidak diperjualbelikan.

air lebih banyak dibandingkan sektor lain (Wang dkk., 2016), dan menimbulkan dampak yang signifikan dari waktu ke waktu terhadap sumber daya air (Srivastav dkk., 2021). Naiknya permukaan air laut memengaruhi ketersediaan air di wilayah pesisir dan secara langsung menyebabkan peningkatan *water table* pada akuifer sehingga meningkatkan limpasan permukaan dan menekan pengisian kembali akuifer (Adams & Peck, 2008).

Perubahan iklim selain berpengaruh terhadap sumber daya air permukaan juga besar pengaruhnya terhadap sumber daya air tanah, yang disebabkan oleh perubahan curah hujan dan evapotranspirasi, baik secara spasial maupun temporal (Loo dkk., 2015). Menurut Subagiyo (2021), perubahan iklim berpengaruh terhadap sektor sumber daya air, antara lain dengan meningkatnya tinggi gelombang, abrasi pantai, dan meluasnya kawasan yang terpengaruh intrusi air laut. Dampaknya ialah krisis air bersih perkotaan, kerawanan pangan, meningkatnya frekuensi penyakit, perubahan pola curah hujan, dan kerawanan bencana.

Indonesia merupakan negara yang memiliki sumber air potensial terbesar kelima di seluruh dunia, tetapi distribusinya tidak merata. Ketersediaan air di Pulau Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara dalam kondisi kritis. Secara total, ketersediaan air rata-rata di Indonesia sebesar 88,3 ribu m^3/s atau setara dengan 2,78 triliun m^3/tahun. Potensi air terbesar terdapat di Pulau Papua yang mencapai 29%, sedangkan potensi terkecil terdapat di Pulau Bali dan Nusa Tenggara sebesar 1% (Radhika dkk., 2017). Meskipun sumber daya air nasional memiliki jumlah yang cukup besar, air sering menjadi kendala yang mengganggu kestabilan dan keberlanjutan produksi pertanian di Indonesia. Kendala tersebut disebabkan oleh rendahnya efisiensi pengelolaan dan pemanfaatan air serta keragaman ketersediaan air antarpulau.

Di bidang pertanian, pengelolaan sumber daya air terpadu berperan sangat penting dan merupakan salah satu kunci keberhasilan peningkatan indeks pertanaman dan produksi pangan untuk menghadapi ancaman kelangkaan air. Oleh karena itu, diperlukan model pengelolaan air terpadu untuk meningkatkan indeks pertanaman dan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

produksi pertanian. Pendugaan ketersediaan air pada masa yang akan datang dapat dianalisis dan dihitung menggunakan model neraca air spasial berbasis *grid*. Model neraca air dan model iklim global dapat menduga ketersediaan air saat ini dan masa depan untuk skema irigasi pada skenario perubahan iklim yang berbeda berbasis model iklim global. Selama beberapa tahun terakhir, analisis dan pembahasan mengenai dampak perubahan iklim terhadap sumber daya air pada berbagai skenario menggunakan model iklim global telah dilaporkan (Heryani dkk., 2022; Wang dkk., 2016, Rejekiningrum, 2014).

Tinjauan tentang dampak perubahan iklim terhadap ketersediaan sumber daya air di berbagai kawasan, lingkup daerah aliran sungai (DAS), dan satuan wilayah sungai (WS) masih jarang dilakukan. Bab ini menyajikan tinjauan tentang dampak perubahan iklim di Indonesia terhadap sumber daya air dalam upaya adaptasi perubahan iklim. Teknologi adaptasi dirancang serta diaplikasikan untuk membantu masyarakat dalam rangka beradaptasi dengan perubahan iklim. Inovasi teknologi yang diperkenalkan dan diintegrasikan dengan kearifan lokal dilakukan melalui transfer ilmu pengetahuan dan sosialisasi, pendampingan, kemudian disepakati bersama agar aplikasi teknologi dapat berkelanjutan.

B. Pemanasan Global dan Perubahan Iklim

Penggunaan *Global Circulation Model* (GCM) dan skenario perubahan iklim ke depan diperlukan untuk mengkaji dampak dan proyeksi perubahan iklim terhadap sumber daya air secara nasional. Informasi proyeksi dampak perubahan iklim diperlukan sebagai upaya adaptasi dalam perencanaan pembangunan pertanian, khususnya pengelolaan air.

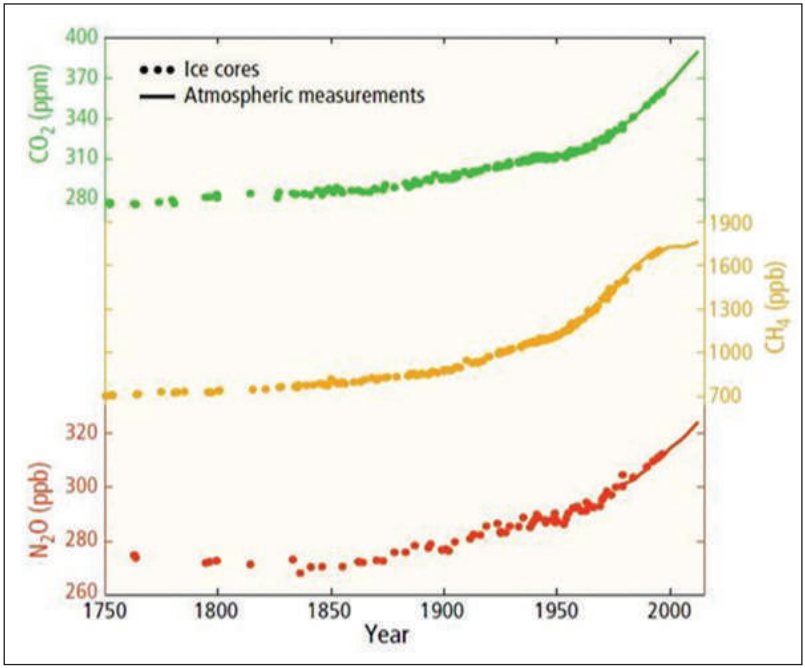
1. Pemanasan Global

Menurut analisis IPCC, suhu permukaan global terus naik dan gas rumah kaca (GRK) menjadi pemicu utama pemanasan global, terlihat dari meningkatnya konsentrasi GRK mulai pertengahan abad ke-18 hingga abad ke-20. Konsentrasi karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4),

Buku ini tidak diperjualbelikan.

dan nitrogen oksida (N_2O) di atmosfer telah mencapai level yang belum pernah terjadi dalam 800.000 tahun terakhir, seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan populasi. Sejak 1750, konsentrasi CO_2, CH_4, dan N_2O meningkat signifikan (masing-masing sebesar 40%, 150%, dan 20%) (Gambar 6.1). Industrialisasi, transportasi, kebakaran hutan, pertanian, peternakan, dan deforestasi menjadi faktor antropogenik yang bertanggung jawab atas perubahan iklim. Hal ini menunjukkan bahwa peran manusia menjadi faktor dominan dalam perubahan iklim (IPCC, 2014).

Kenaikan suhu global diperkirakan akan berlanjut seiring dengan peningkatan emisi GRK ke atmosfer. Sementara itu, beberapa jenis GRK memiliki masa hidup ratusan tahun dan akan terakumulasi dengan dampak yang bervariasi pada lingkungan (Tabel 6.1).



Keterangan: Data diambil dari inti es (titik) dan pengukuran langsung dari atmosfer (garis).
Sumber: IPCC (2014)

Gambar 6.1 Konsentrasi GRK (CO_2, CH_4, dan NO_2) di Atmosfer

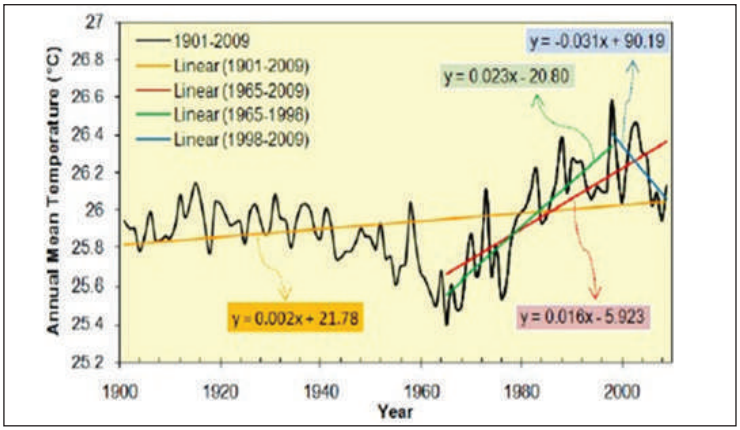
Buku ini tidak diperjualbelikan.

Tabel 6.1 Umur Berbagai Jenis GRK di Atmosfer dan Dampaknya terhadap Perubahan Iklim Global

Gas Rumah Kaca	Umur (Tahun)	Potensi Daya Rusak (100 tahun)
Karbon dioksida (CO_2)	ratusan	1
Metana (CH_4)	12	25
Nitrogen oksida (N_2O)	114	298
Hidrofluorokarbon (CHF_3)	264	14.800
Sulfur heksafluorida (SF_6)	3.200	22.800
PFC-14 (CF_4)	50.000	7.390

Keterangan: Angka pada kolom adalah potensi daya rusak yang menyatakan sekian kali merusak jika dibandingkan CO_2.
Sumber: IPCC AR4 (2007) dalam Aldrian dkk. (2011)

Kementerian PPN/Bappenas (2014) melaporkan bahwa pemanasan global akibat peningkatan GRK di atmosfer menjadi isu yang menjadi perhatian dunia karena mengancam kelangsungan hidup manusia dan lingkungannya. Konsentrasi CO_2 diprediksi meningkat menjadi 935 ppm pada akhir abad ke-21 dan menyebabkan rata-rata suhu meningkat 0,85°C selama 130 tahun (IPCC, 2014; Stocker dkk., 2013). Kenaikan suhu di Indonesia kurang dari 1°C selama abad ke-20 disajikan pada Gambar 6.2.



Sumber: Kementerian PPN/Bappenas (2014)

Gambar 6.2 Pola Suhu Rata-Rata Tahunan di Wilayah Daratan Indonesia

Buku ini tidak diperjualbelikan.

2. Dinamika Perubahan Iklim Indonesia

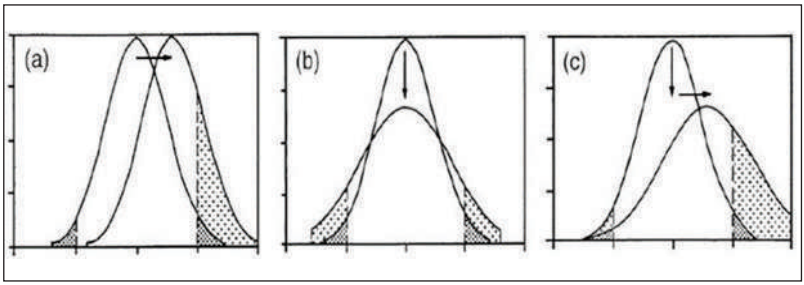
Dampak perubahan iklim di Indonesia, meliputi (1) peningkatan suhu udara di seluruh wilayah Indonesia dengan laju yang lebih rendah dibandingkan daerah subtropis; (2) peningkatan curah hujan saat musim kemarau di wilayah utara khatulistiwa, sedangkan wilayah selatan khatulistiwa mengalami penurunan; dan (3) peningkatan muka air laut. Selain berpotensi menyebabkan kekeringan atau banjir ekstrem, kenaikan suhu permukaan atmosfer juga mengakibatkan kenaikan suhu air laut yang berdampak pada perluasan volume air laut dan mencairnya gletser serta es di kutub. Selanjutnya, terjadi kenaikan tinggi permukaan air laut, yang dapat mengancam kualitas hidup di daerah pesisir (Kementerian PPN/Bappenas, 2009).

Menurut Kelompok Kerja Pertama IPCC pada tahun 2013, indikator perubahan iklim mencakup peningkatan suhu global sejak tahun 1901 sebesar 0,89°C. Di wilayah Asia Tenggara, terjadi kenaikan suhu 0,4–1°C, untuk jangka menengah (2046–2065) diperkirakan peningkatan suhu sebesar 1,5–2°C, dan untuk proyeksi jangka panjang (2081–2100) kenaikan suhu mencapai 2–4°C yang akan tersebar secara merata di seluruh daratan. Suhu tertinggi pada siang hari diperkirakan 3–4°C lebih tinggi dari suhu rata-rata saat ini. Peningkatan curah hujan diperkirakan terjadi di beberapa negara, termasuk Indonesia dan Papua Nugini. Sementara itu, di negara lain, seperti Thailand, Laos, Myanmar, Kamboja, dan Vietnam, curah hujan diperkirakan akan menurun sebesar 10%–20% pada bulan Maret–Mei. Secara keseluruhan, curah hujan tahunan diperkirakan akan meningkat, kecuali di bagian barat daya Indonesia. Kelembapan tanah akan meningkat hingga 1 mm di bagian barat daya Papua Nugini dan penurunan sekitar 0,6 mm di bagian barat Papua Nugini, yaitu di negara-negara Laos, Vietnam, Kamboja, Thailand, Malaysia, dan sebagian Indonesia dan Myanmar (IPCC, 2013).

Berdasarkan laporan Kementerian Lingkungan Hidup (2008), bukti terjadinya perubahan iklim telah terlihat secara global sejak tahun 1980-an, yang ditandai dengan peningkatan suhu udara global, kenaikan permukaan air laut, dan mencairnya es. Hal ini telah

Buku ini tidak diperjualbelikan.

meningkatkan risiko terjadinya peristiwa ekstrem, seperti gelombang panas, kekeringan, curah hujan intensif, dan banjir yang memiliki dampak merusak (WMO, 2016). Hasil analisis statistik terkait perubahan iklim dapat dilihat pada Gambar 6.3.



Keterangan: Sumbu vertikal menyatakan peluang; sumbu horizontal menyatakan nilai parameter iklim. (a) Perubahan dalam rerata; (b) perubahan dalam variasi; dan (c) perubahan dalam rata-rata dan variasi.

Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup (2008)

Gambar 6.3 Penilaian Perubahan Iklim secara Statistik

Daerah pesisir di seluruh kawasan Asia Tenggara menghadapi kenaikan muka air laut 10%–15% lebih tinggi daripada peningkatan rata-rata global. Pada tahun 2050, diperkirakan kenaikan muka air laut dapat mencapai 50 hingga 100 cm pada tahun 2090. Kota-kota besar di Asia Tenggara, seperti Jakarta, Bangkok, Ho Chi Minh City, Manila, dan Yangon, akan menghadapi dampak yang sangat signifikan akibat fenomena ini (The World Bank, 2013).

C. Dampak Perubahan Iklim terhadap Sumber Daya Air

Untuk melihat dampak yang terjadi pada sumber daya air sebagai akibat dari dampak perubahan iklim, perlu ditelusuri dahulu faktor-faktor penyebabnya. Kemudian, untuk menentukan strategi adaptasi yang tepat, akan dirancang pemodelan dampak perubahan iklim terhadap sumber daya air.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

1. Faktor Utama yang Menunjukkan Terjadinya Perubahan Iklim pada Sumber Daya Air

Terdapat tiga faktor utama yang menunjukkan perubahan iklim pada sumber daya air, yaitu (1) perubahan pola aliran sungai global; (2) dampak perubahan iklim terhadap pola hidrologi wilayah; dan (3) bahaya yang timbul akibat perubahan iklim pada sumber daya air.

a. Perubahan Pola Aliran Sungai Global

Tren perubahan iklim global dapat diamati melalui analisis pola aliran sungai di seluruh dunia. Chiew dan Mcmahon (1996) telah melakukan analisis statistik pada data debit puncak dan volume aliran sungai. Penelitian ini melibatkan 142 sungai dengan periode data sepanjang 50 hingga 162 tahun dan cakupan DAS mulai dari 1.000 hingga 8 juta km^2. Meskipun beberapa lokasi menunjukkan tren dan perubahan yang signifikan, tidak ada konsistensi untuk seluruh wilayah. Pada beberapa kasus di mana terlihat adanya tren, diyakini bahwa perubahan tersebut disebabkan oleh perubahan kondisi biofisik di DAS. Hal ini menggambarkan ketidakpastian mengenai ketersediaan air di wilayah tersebut pada masa depan.

b. Dampak Perubahan Iklim terhadap Pola Hidrologi Wilayah

Fenomena pemanasan global memberikan dampak signifikan pada sumber daya air di sebagian besar wilayah lintang tengah dan tinggi. Hal ini disebabkan oleh pergeseran daerah sabuk tekanan tinggi subtropis ke arah kutub utara, di mana peningkatan suhu mencapai dua hingga tiga kali lipat dari wilayah tropis. Hasil kajian Barnett dkk. (2005) menunjukkan bahwa kenaikan suhu khususnya di daerah yang ditutupi oleh salju dapat mengubah pola hidrologi. Dampak ini berimplikasi signifikan bagi seperenam penduduk dunia yang mengandalkan pasokan air dari gletser dan tutupan salju.

Dampak yang paling ekstrem dari perubahan iklim adalah perubahan dalam pola siklus hidrologi, yang berdampak pada jumlah dan mutu sumber daya air. Kondisi hidrologi bervariasi dari satu

Buku ini tidak diperjualbelikan.

wilayah ke wilayah lain sehingga pengaruh perubahan iklim pada proses hidrologi lokal kemungkinan akan berbeda antardaerah. Penelitian dalam beberapa tahun belakangan telah mengungkapkan kerentanan sumber daya air terhadap fluktuasi suhu dan perubahan pola curah hujan. Upaya teknis perlu dilakukan untuk memitigasi dampak buruk perubahan iklim terhadap ekosistem dan masyarakat (Ranesh, 2014).

c. Bahaya yang Timbul Akibat Perubahan Iklim pada Sumber Daya Air

Ancaman perubahan iklim terhadap sektor air adalah perubahan pola curah hujan dan kenaikan suhu. Risiko penurunan ketersediaan air (PKA) bervariasi pada wilayah-wilayah dengan intensitas bahaya, yang mengalami peningkatan dari tahun 2010 hingga 2015, penurunan pada periode 2015–2020, dan kembali meningkat pada rentang waktu 2025–2030. Wilayah Jawa-Bali dan Sumatra menempati peringkat atas dalam hal risiko, sedangkan wilayah Papua dan Maluku memiliki tingkat ancaman PKA yang paling minimal. Dari hasil analisis risiko banjir, terlihat bahwa Jawa-Bali dan Sumatra memiliki kerentanan tertinggi terhadap bahaya banjir, sedangkan Papua dan Maluku memiliki tingkat kerentanan paling rendah (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2020).

Wilayah yang terdampak kekeringan diperkirakan akan bertambah, yang merugikan berbagai sektor. Menurut hasil kajian (Ranesh, 2014), di kawasan Asia diperkirakan bahwa suhu rata-rata permukaan benua telah mengalami kenaikan sekitar 0,7°C selama abad ke-20 dan diperkirakan akan terjadi pemanasan tambahan sebesar 0,2–0,5°C per dekade pada periode 2070–2100. Peningkatan suhu udara permukaan ini akan berdampak signifikan terhadap kondisi hidrologi.

2. Model Dampak Perubahan Iklim pada Sumber Daya Air

Prediksi dampak perubahan iklim terhadap ketersediaan sumber daya air dilakukan dengan beberapa skenario perubahan iklim melalui penggunaan model *Modelling System for Agricultural Impacts*

Buku ini tidak diperjualbelikan.

of Climate Change (MOSAICC). Kajian hidrologi dan pemodelan dilakukan dengan memanfaatkan model hidrologi *Spatial Tools for River Basins and Environment and Analysis of Management Options* (STREAM), yang terintegrasi dalam kerangka MOSSAIC. STREAM adalah model neraca air berbasis *grid* yang secara spasial menggambarkan siklus hidrologi dalam DAS sebagai rangkaian kompartemen penyimpanan dan aliran (Aerts dkk., 1999). Beberapa penelitian melaporkan bahwa model STREAM dapat digunakan untuk mempelajari dampak perubahan iklim terhadap kebutuhan air dan karakteristik hidrologi (Tan dkk., 2022; Malek dkk., 2018).

Model STREAM telah diaplikasikan di Indonesia untuk menyimulasi aliran air di beberapa DAS (Julian dkk., 2011; Poerbandono dkk., 2009). Dampak potensial perubahan iklim terutama pada rezim hidrologis dan sumber daya air pada masa depan (2010–2050) dilakukan pada 24 DAS yang terletak di sentra pertanian di seluruh Filipina dengan menilai aliran sungai masa depan yang berasal dari GCM (BCM2, CNCM3 dan MPEH5) di bawah dua skenario (A1B dan A2) yang dibandingkan skenario dasar (abad ke-20) (Tolentino dkk., 2016). Simulasi model STREAM menunjukkan bahwa perubahan iklim dapat berdampak besar terhadap kondisi hidrologi DAS dengan meningkatkan potensi evapotranspirasi (PET) sebesar 4,4%–17,3%, serta penurunan aliran sungai dan air tanah masing-masing sebesar 48,8%–95,6% dan 12,7%–76,8% (Tarekegn dkk., 2022)

3. Strategi Antisipasi Dampak Perubahan Iklim terhadap Ketersediaan Sumber Daya Air

Adaptasi melalui pengelolaan air sangat penting untuk pembangunan berkelanjutan dan diperlukan untuk mencapai Agenda Pembangunan Berkelanjutan 2030, Perjanjian Paris, dan Kerangka Sendai untuk Pengurangan Risiko Bencana (UNESCO & UN Water, 2020). Strategi adaptasi perubahan iklim meliputi pendekatan keras (struktural) dan lunak (instrumen kebijakan). Pendekatan keras (*hard approaches*) meliputi peningkatan penyimpanan air, infrastruktur tahan iklim, dan peningkatan ketahanan tanaman melalui introduksi varietas tanaman

Buku ini tidak diperjualbelikan.

tahan banjir dan kekeringan. Pendekatan lunak (*soft approaches*) meliputi asuransi banjir dan kekeringan, sistem prakiraan dan peringatan dini, perencanaan penggunaan lahan, dan peningkatan kapasitas (pendidikan dan kesadaran).

Langkah-langkah dan kebijakan dalam upaya adaptasi dan mitigasi dampak perubahan iklim menurut UNESCO dan UN Water (2020), antara lain

1) memberikan dukungan terhadap kesiapan menghadapi kekeringan dan banjir melalui investasi serta penguatan ketahanan iklim dalam infrastruktur WASH (*Water*, *sanitation*, *and hygiene*);
2) memperluas cakupan perlindungan sosial serta mengintroduksi produk keuangan, seperti asuransi;
3) mendorong pemerataan gender dalam penggunaan dan pengelolaan sumber daya air, dan
4) meningkatkan pasokan air untuk pertanian melalui panen hujan, penggunaan mulsa, dan pengurangan olah tanah dalam sistem tadah hujan.

Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim (RAN-API) untuk sektor sumber daya air mencakup langkah-langkah, sebagai berikut (Kementerian PPN/Bappenas, 2014):

1) peningkatan manajemen infrastruktur sumber daya air untuk mendukung ketersediaan air dan ketahanan pangan;
2) pengembangan manajemen risiko bencana banjir (sungai, rob, lahar dingin), longsor, dan kekeringan;
3) peningkatan manajemen dan pengembangan infrastruktur sumber daya air guna mengendalikan kerusakan akibat air;
4) peningkatan kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam upaya konservasi air; dan
5) peningkatan penyediaan dan akses terhadap data serta informasi terkait dampak perubahan iklim.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

D. Teknologi Adaptasi Perubahan Iklim pada Sumber Daya Air

Berikut ini akan dibahas beberapa teknologi adaptasi yang telah dilakukan oleh berbagai pihak di Indonesia.

1. *Food Smart Village* (FSV): Konsep dan Pengembangan Teknologi Adaptasi

Tinjauan holistik terhadap pengelolaan sumber daya air dan integrasi strategis dalam menghadapi dampak perubahan iklim diimplementasikan melalui konsep inovatif desa mandiri pangan (*food smart village*). Konsep ini merujuk pada pengembangan kawasan pertanian skala rumah tangga yang berfokus pada pemanfaatan teknologi inovatif untuk mencapai kemandirian pangan, terutama di lahan-lahan sub-optimal. Desa mandiri pangan berlandaskan lima pilar adaptasi perubahan iklim, yaitu (1) pengelolaan sumber daya iklim dan air, termasuk air permukaan dan air tanah, serta modifikasi iklim mikro; (2) budi daya tanaman sesuai zona agroklimat; (3) integrasi tanaman dan ternak untuk hasil dan lahan lebih baik; (4) pertanian konservasi dengan olah tanah minimal, penggunaan mulsa dan tanaman penutup, serta tumpang sari dengan tanaman penambat nitrogen; (5) pemanfaatan limbah pertanian dan ternak dengan pendekatan 3R (*reduce, reuse, recycle*).

Pilar pertama menjadi dasar utama meningkatkan produktivitas lahan kering, termasuk diversifikasi produksi pangan dan peternakan, serta memenuhi kebutuhan domestik dalam adaptasi perubahan iklim. Partisipasi kelembagaan dan kearifan lokal mendukung kelangsungan pilar pertama. Pilar kedua hingga kelima menitikberatkan pada penciptaan sistem pertanian adaptif terhadap perubahan iklim. Keberhasilan penerapan model pengelolaan sumber daya air pada program Lahan Kering Iklim Kering (LKIK) terlihat jelas melalui pengembangan FSV di beberapa lokasi. Di Desa Oebola, Kabupaten Kupang, Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT), pengembangan ini mengandalkan mata air dari LKIK. Selain itu, model ini juga diimplementasikan di Desa Limampocoe, Kecamatan Cenranae,

Buku ini tidak diperjualbelikan.

dan Desa Tompobulu, Kecamatan Tompobulu, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan.

Penggunaan dan optimasi air permukaan dari mata air berdampak besar pada ketersediaan air dan produktivitas LKIK. Integrasi peternakan juga penting, terutama di Desa Oebola. Di Desa Limampocoe, pendekatan pengelolaan air berfokus pada dam parit bertingkat (Heryani dkk., 2014). Untuk memberikan gambaran visual, ilustrasi tentang penggunaan tampungan air mini renteng (TAMREN) dalam sistem irigasi di kedua lokasi tersebut disajikan dalam bentuk Gambar 6.4.



Keterangan: (Atas) Desa Limampocoe, Sulawesi Selatan; (Bawah) Desa Oebola, NTT
Sumber: Sosiawan (2015)

Gambar 6.4 Model Pengembangan *Food Smart Village*

2. Teknologi Pengelolaan Air dan Irigasi untuk Adaptasi Perubahan Iklim pada Beberapa Agroekosistem

Teknologi pengelolaan air dan irigasi pada berbagai agroekosistem melibatkan beberapa tahap, seperti mengidentifikasi sumber daya air, mengeksplorasi dan mengeksploitasi, merancang jaringan irigasi, dan meningkatkan efisiensi penggunaan air. Perbedaan umum dalam pengelolaan air di ketiga agroekosistem berikut, meliputi sumber air

Buku ini tidak diperjualbelikan.

yang dipilih (air permukaan, air tanah, atau keduanya), teknik irigasi, jenis pompa, serta jenis energi (listrik, diesel, surya, dan sebagainya). Desain irigasi mencakup posisi pompa, *outlet*, jaringan pipa, dan batas lahan. Berikut adalah beberapa studi kasus pengelolaan air dan irigasi di lahan sawah tadah hujan, lahan kering iklim kering, dan lahan kering masam.

a. Teknologi Pengelolaan Air dan Irigasi pada Lahan Sawah Tadah Hujan

Budi daya padi pada lahan sawah tadah hujan sangat tergantung pada karakteristik curah hujan setempat. Indeks pertanaman padi lahan sawah tadah hujan (LSTH) umumnya satu kali tanam per tahun (IP 100). Pada beberapa lokasi tertentu yang memiliki bulan basah (curah hujan >200 mm/bulan) lebih dari 8 bulan, memungkinkan untuk memiliki indeks pertanaman padi dua kali (IP200).

Perubahan iklim akan berdampak pada meningkatnya ketidak-pastian ketersediaan air pada budi daya padi LSTH. Solusi terbaik dalam menghadapi kondisi ini adalah melalui implementasi teknologi pengelolaan air dan irigasi hemat air. Sumber daya air alternatif dapat berasal dari air permukaan ataupun air tanah menggunakan teknik submersi (penggenangan) ataupun dengan sistem curah menggunakan *big gun sprinkler*.

Teknologi pengelolaan air melalui pemanfaatan sumber air permukaan yang diintegrasikan dengan sistem irigasi *big gun sprinkler* telah diimplementasikan pada LSTH seluas 10 ha di Desa Prataan, Kecamatan Bogorejo, Kabupaten Blora. Kebutuhan irigasi pada *demonstration farming* (demfarm) LSTH Desa Prataan dipenuhi dari operasional tiga unit pompa selama 10 jam per hari yang menyedot air dari sungai dan mendorong air menuju lahan pada ketinggian 23 m sejauh 250 m. Selanjutnya, dengan daya dorong yang tersisa akan mendorong air sekaligus memutar *big gun sprinkler* sehingga irigasi akan tersebar dalam bentuk butir hujan dengan diameter curahan irigasi sekitar 40 m pada dua titik *big gun sprinkler* yang beroperasi secara paralel. Instalasi pompa operasional *big gun sprinkler* disajikan pada Gambar 6.5.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Kartiwa (2021)

Gambar 6.5 Instalasi Pompa di Sungai serta Operasional *Big Gun Sprinkler* Demfarm LSTH

Teknologi pengelolaan air lain, yakni melalui pemanfaatan sumber air permukaan yang diintegrasikan dengan sistem irigasi perpipaan (*pipeline irrigation system*) yang telah diimplementasikan pada LSTH seluas 100 ha di Desa Tambak Romo, Mulyo Rejo, dan Nglanjuk, Kecamatan Cepu, Kabupaten Blora, menggunakan pompa sentrifugal dan mendistribusikannya ke lahan sawah. Instalasi infrastruktur pengelolaan air, meliputi pemasangan daya listrik, jaringan kabel listrik, pembuatan rumah pompa, instalasi pompa sentrifugal tenaga motor listrik, instalasi jaringan pipa, serta instalasi *outlet* irigasi. Pompa sentrifugal selanjutnya dipasang di dalam rumah pompa yang berfungsi melindungi pompa dan instalasi listrik saat terjadi banjir. Jaringan pipa irigasi berfungsi untuk mendistribusikan air dari sungai menuju *outlet* irigasi sebagai titik akhir distribusi air. *Outlet* irigasi berfungsi untuk mengeluarkan air dari pipa menuju ke lahan sawah.

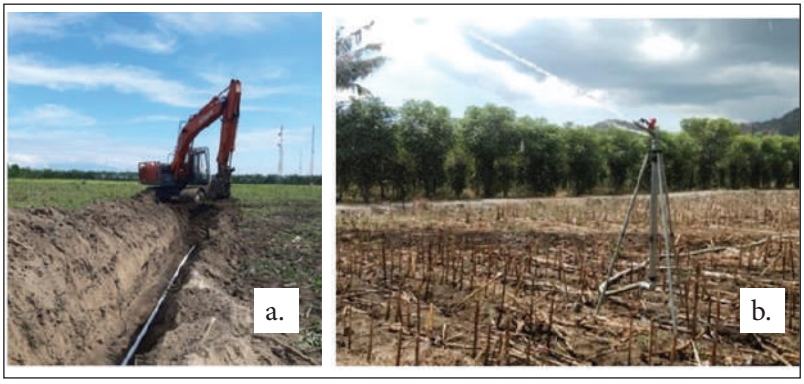
b. Teknologi Pengelolaan Air dan Irigasi pada Lahan Kering Iklim Kering

LKIK adalah agroekosistem paling rentan terhadap kekeringan akibat perubahan iklim. Pengelolaan air dan irigasi di LKIK mempertimbangkan faktor biofisik (kemiringan, luas, dan jenis sumber air). Pendekatannya sebagai berikut.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

1) Gunakan sumber air di lokasi (air tanah dan permukaan).
2) Eksploitasi air menggunakan pompa dengan sumber energi yang sesuai.
3) Pasang jaringan primer, sekunder, tersier dan *outlet* irigasi.
4) Hitung jumlah alat irigasi per areal tanam.

Studi kasus pengelolaan air LKIK di lokasi demfarm Desa Senayan, Kecamatan Poto Tano, Kabupaten Sumbawa Barat, NTB, menunjukkan bahwa dalam mengatasi kekurangan air, pemanfaatan air tanah untuk keperluan pertanian, air minum, dan domestik sudah dilaksanakan cukup intensif. Sumur bor sebagai sumber air tanah dieksploitasi menggunakan beberapa pompa, yaitu pompa VTP (*vertical turbine pump*) bertenaga diesel; serta pompa *submersible* tenaga genset, tenaga surya, dan tenaga listrik. Selain air tanah, sumber air di LKIK berasal dari air permukaan (air sungai). Instalasi saluran distribusi air melalui pipanisasi dan alat penyiraman disajikan pada Gambar 6.6.



Keterangan: (a) Penggalian saluran pipa irigasi; (b) Penyiraman pada tanaman jagung dengan *big gun sprinkler*
Sumber: Rejekiningrum (2021)

Gambar 6.6 Instalasi Saluran Distribusi Air dan Contoh Alat Penyiraman

Buku ini tidak diperjualbelikan.

c. Teknologi Pengelolaan Air dan Irigasi pada Lahan Kering Masam

Teknologi pengelolaan air dan irigasi pada Lahan Kering Masam (LKM) diaplikasikan di lokasi Desa Karang Rejo, Kecamatan Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan. Terdapat dua model pengelolaan air dan irigasi, yaitu berbasis sumber air permukaan dan air tanah (sumur bor air tanah dalam). Contoh peta desain pengelolaan air disajikan pada Gambar 6.7.

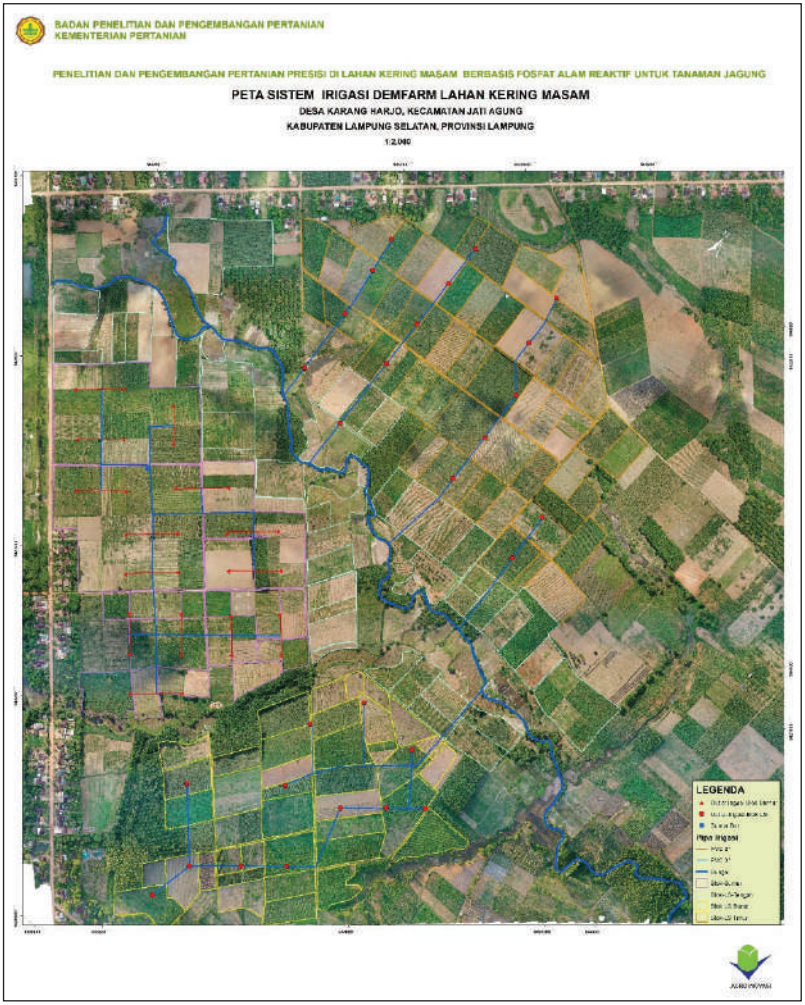
Instalasi infrastruktur pengelolaan air meliputi instalasi tiang listrik, jaringan kabel listrik; pembuatan sumur air tanah dalam (kedalaman 80 m, diameter 8 inci, casing PVC); serta instalasi pompa *submersible* dengan daya 9,3 kW. Instalasi infrastruktur irigasi meliputi jaringan pipa irigasi sepanjang 1.976 m, terdiri dari pipa PVC 3" sepanjang 1.016 m serta PVC 2" sepanjang 960 m; instalasi *outlet* irigasi sebanyak 18 titik irigasi. Delapan belas outlet irigasi tersebut menjadi titik koneksi dengan ujung selang irigasi gulung diameter 2 inci sepanjang minimal 30 m, yang ujung lainnya terhubung dengan *big gun sprinkler*. Pada saat operasional, pompa *submersible y*ang dipasang pada sumur mampu mendorong dua hingga empat unit *big gun sprinkler.*

Pasokan air dari sumur air tanah dalam yang didorong oleh pompa celup selanjutnya akan masuk ke dalam sistem jaringan pipa irigasi. Jaringan pipa irigasi di lokasi LKM dikubur di dalam tanah pada kedalaman 60 cm berdasarkan pertimbangan agar tidak terputus/rusak terlindas mesin traktor ataupun bajak saat pengolahan tanah. Jaringan pipa irigasi berfungsi untuk mendistribusikan air dari sumur air tanah dalam menuju outlet irigasi sebagai titik akhir distribusi air. Outlet irigasi berfungsi sebagai titik koneksi antara pipa distribusi dan *big gun sprinkler* melalui selang gulung.

Berdasarkan pada pertimbangan spesifikasi teknis pompa celup (*submersible pump*) dan teknik irigasi *big gun sprinkler* yang digunakan pada sistem irigasi Demfarm LKM, operasional *big gun sprinkler* pada waktu yang bersamaan berjumlah dua hingga empat unit berdasarkan jarak antara *big gun sprinkler* dan pompa celup. Pada titik terdekat

Buku ini tidak diperjualbelikan.

dapat digunakan empat unit *big gun sprinkler* sekaligus, sedangkan pada titik terjauh cukup digunakan dua unit *big gun sprinkler.*



Sumber: Rivaie (2021)

Gambar 6.7 Desain Pengelolaan Air dan Irigasi Demfarm LKM Desa Karang Rejo, Lampung

Buku ini tidak diperjualbelikan.

E. Kearifan Lokal dalam Upaya Adaptasi Perubahan Iklim Sektor Sumber Daya Air

Berikut ini akan dibahas beberapa contoh kearifan lokal yang dimiliki masyarakat di Indonesia.

1. Pengembangan Teknologi Panen Air Hujan pada Berbagai Komunitas Pecinta Panen Air

Teknologi panen air adalah upaya menampung air pada musim kemarau untuk dimanfaatkan pada musim hujan atau kondisi kekeringan. Selain untuk irigasi, panen air berguna dalam pengisian kembali air tanah (*groundwater recharge*) dan mengurangi risiko banjir. Di sektor pertanian, embung, dam parit, dan *long storage* sudah banyak dimanfaatkan untuk irigasi terutama pada tanaman pangan dan hortikultura. Prototipe bangunan panen air disajikan pada Gambar 6.8.



Keterangan: (a) Bangunan panen air embung; (b) Dam parit; (c) *Long storage*
Sumber: Balitbangtan (2017)

Gambar 6.8 Prototipe Bangunan Air

Embung merupakan bangunan panen air yang telah ada sejak lama, sedangkan dam parit dan *long storage* saat ini sudah banyak dikembangkan. Embung sudah banyak dimanfaatkan secara individu, komunitas kelompok tani, maupun gabungan kelompok tani. Dam parit telah berkembang di berbagai wilayah, termasuk Jawa Barat, Jawa Tengah, DI Yogyakarta, dan Sulawesi Selatan. Konsep dam parit bertingkat (*channel reservoir in cascade*) diterapkan untuk memaksimalkan pemanfaatannya dengan membangun beberapa dam parit dalam satu aliran sungai (Heryani, 2022; Heryani dkk., 2014;

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Heryani, Sawiyo, & Pujilestari, 2013). Selain itu, praktik *long storage* juga telah menyebar ke wilayah pesisir pantai utara Jawa dan menjadi fokus pengembangan di daerah NTB dan NTT.

Sementara itu, teknologi panen air ini juga dapat digunakan untuk keperluan domestik (rumah tangga). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia No. 11/Prt/M/2014 mengenai Pengelolaan Air Hujan di Bangunan Gedung dan Persilnya menyatakan tujuannya adalah mempertahankan kondisi hidrologi alami. Hal ini dilakukan melalui pemanfaatan air hujan, infiltrasi, dan penyimpanan sementara untuk mengurangi debit banjir, memanfaatkan elemen alam dan buatan (Kementerian PUPR, 2014). Komunitas Pecinta Panen Air mengembangkan pemanenan air hujan untuk mengatasi kelangkaan air bersih dan kekeringan. Beberapa komunitas yang melakukan panen air hujan di Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta, antara lain sebagai berikut.

1) River and Ecology Club dari Sekolah Vokasi UGM, telah mengembangkan teknologi Panen Air Hujan di Brebes, Semarang, Boyolali, dan Yogyakarta untuk perumahan penduduk.
2) Komunitas Agni Mandiri untuk memenuhi kecukupan air di Desa Sruni, Musuk, Boyolali.
3) Komunitas Banyubening untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari (Sekolah Vokasi UGM, 2022).
4) Komunitas Mat Peci di Jakarta untuk memenuhi kebutuhan air minum di Sekolah Sungai Ciliwung, untuk kegiatan *urban farming*/pertanian perkotaan, dan cadangan air bersih untuk memenuhi kebutuhan air di pos-pos pemantauan Ciliwung di Tanjung Barat dan Lenteng Agung, serta instalasi pemanenan air hujan di Masjid Al-Atiq Kebon Baru, Tebet, Jakarta Selatan (Firdaus, 2022).

Beberapa prototipe teknologi panen air hujan disajikan pada Gambar 6.9.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Keterangan: Panen air hujan untuk keperluan rumah tangga
Sumber: (Kiri) Giyanto (2022); (Kanan) Setiyo (2022)

Gambar 6.9 Panen Air Hujan di Wilayah Permukiman

Air hujan yang dipanen oleh komunitas Pecinta Panen Air pada umumnya digunakan untuk cuci dan masak, menyiram tanaman pekarangan, serta sebagai air minum. Bahkan, ada beberapa komunitas yang berupaya agar air hujan yang dipanen dapat digunakan sebagai air kemasan dalam botol. Tingkat keasaman (pH) air hujan berkisar 7,2 sampai 7,4 dan layak untuk dikonsumsi dilaporkan oleh Agus Maryono dalam Grehenson (2018) di Yogyakarta, Bali, Bogor, dan Jakarta.

2. Panen Air Hujan di Pulau-Pulau Kecil

Dalam Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 jo. Undang-Undang No. 1 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil disebutkan bahwa pulau kecil adalah pulau dengan luas lebih kecil atau sama dengan 2.000 km^2 beserta kesatuan ekosistemnya. Berdasarkan Keppres Nomor 6 Tahun 2017 tentang Penetapan Pulau-Pulau Kecil Terluar yang berbatasan langsung dengan pulau lain, terdapat 111 pulau tersebar di Kepulauan Riau, Kalimantan

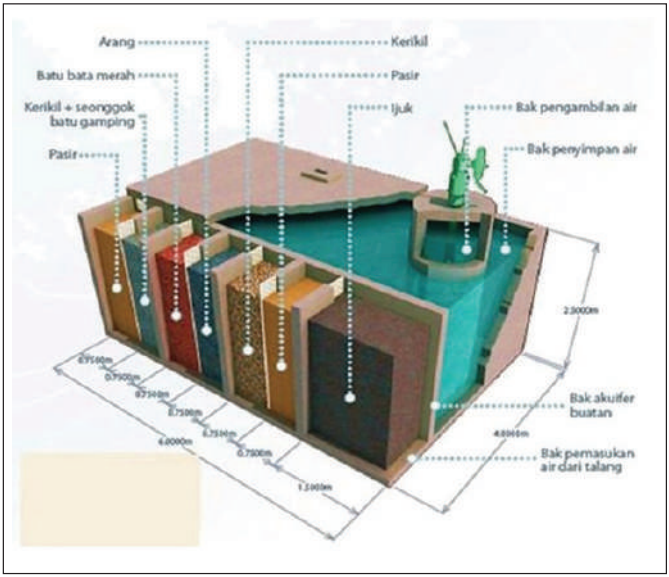
Buku ini tidak diperjualbelikan.

Utara, Kalimantan Timur, Sulawesi Tengah, Sulawesi Utara, Maluku Utara, Papua, Papua Barat, Maluku, NTT, NTB, Bali, Jawa Timur, Jawa Tengah, Jawa Barat, Banten Lampung, Bengkulu, Sumatra Barat, Sumatra Utara, Aceh, Riau (Sekretariat Kabinet Republik Indonesia, 2017).

Perubahan iklim yang makin kerap terjadi berdampak buruk terhadap eksistensi manusia yang hidup di pulau-pulau kecil, seperti Pulau Halura, Sumba Timur, dan NTT (WALHI-FoE Indonesia, t.t.). Penduduk di wilayah pesisir dan pulau kecil memanfaatkan panen air untuk memenuhi kebutuhan air minum dan rumah tangga karena air tanah bersifat asam dan payau, serta belum ada fasilitas air dari pemerintah. Saat ini pemanenan air hujan skala rumah tangga dalam upaya adaptasi perubahan iklim makin berkembang di pulau-pulau kecil melalui, yaitu (1) program "Teknologi Pemanenan Air Hujan Menuju Desa Mandiri Air Bersih" di Pulau Merbau Kabupaten Kepulauan Meranti, Provinsi Riau (Joleha dkk., 2019); (2) pemanenan air hujan skala rumah tangga secara individu dan komunal (untuk tiga rumah, lima rumah, dan skala kelurahan) di Selatpanjang, Kepulauan Meranti Riau (Sutrisno dkk., 2016); (3) pemanenan air hujan secara komunal di Desa Teluk Papal Kecamatan Bantan Kabupaten Bengkalis (Beza dkk., 2016; Janrosi dkk., 2018); dan (4) desalinasi air laut yang dikombinasikan dengan panen air di pulau-pulau kecil Sulawesi Utara (Sutrisno, dkk., 2012). Pemanenan air hujan dapat dilakukan dalam bak penampungan dengan wilayah tangkapannya berupa atap rumah tangga atau atap bangunan (Heryani, 2021; Tan & Wora, 2021; Heryani, Sudarman, dkk., 2013)

Pemerintah melalui Kementerian PUPR memfasilitasi penyediaan air baku komunal dengan program PAH (Penampung Air Hujan) dan Bangunan ABSAH (Akuifer Buatan dan Simpanan Air Hujan). Media akuifer buatan terdiri atas kerikil, pasir, ijuk, arang, batu bata merah, dan batu gamping yang disajikan pada Gambar 6.10 (Hadimuljono, 2021). Satu lokasi ABSAH dapat memenuhi kebutuhan air lebih kurang 100 kepala keluarga. Prototipe bangunan ABSAH disajikan pada Gambar 6.11.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Hadimuljono (2021)

Gambar 6.10 Desain Akuifer pada Bangunan ABSAH

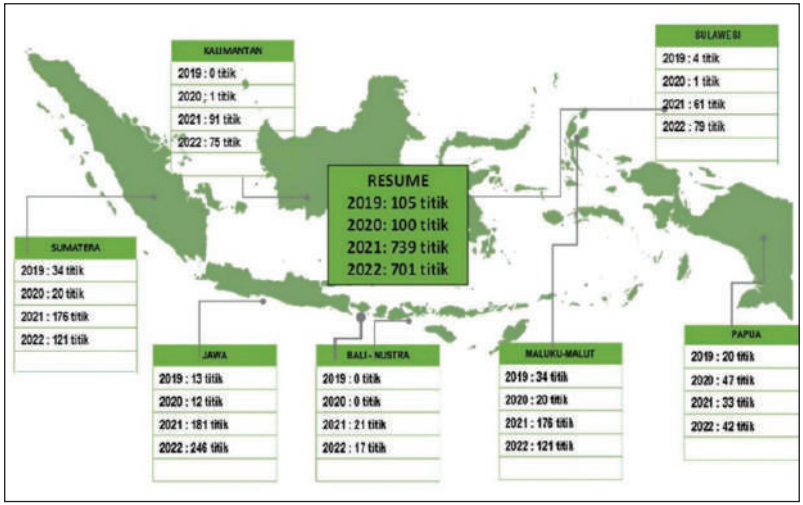


Sumber: BWS Sumatera IV (2021)

Gambar 6.11 ABSAH yang Dikembangkan di Kabupaten Bintan dan Kota Tanjungpinang

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Pada periode tahun 2019–2022, Kementerian PUPR telah melaksanakan program pembangunan ABSAH di daerah sulit air akibat faktor geologi dan iklim di pulau-pulau kecil dan daerah berair asin, seperti Pulau Miangas, Pulau Hiri, Pulau Pasi, dan Pulau Lombok. Distribusi pembangunan ABSAH di berbagai wilayah di Indonesia disajikan pada Gambar 6.12.



Sumber: Pawenrusi (t.t.)

Gambar 6.12 Rincian Pembangunan ABSAH Tahun 2019–2022

Pembangunan ABSAH diprioritaskan pada kondisi geografis, seperti (1) daerah karst yang secara litologi bersifat lolos air sehingga tidak mampu menyimpan air tanah dengan jumlah yang memadai untuk dimanfaatkan pada musim kemarau; (2) pulau-pulau kecil yang memiliki kualitas air tanah payau dan air hujan yang lebih banyak melimpas; (3) daerah pesisir yang memiliki kualitas air tanah payau; (4) daerah rawa atau gambut dengan kualitas air yang tidak sesuai dengan standar baku mutu; dan (5) daerah kesulitan air baku dengan potensi air permukaan maupun air tanah yang sangat kecil.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

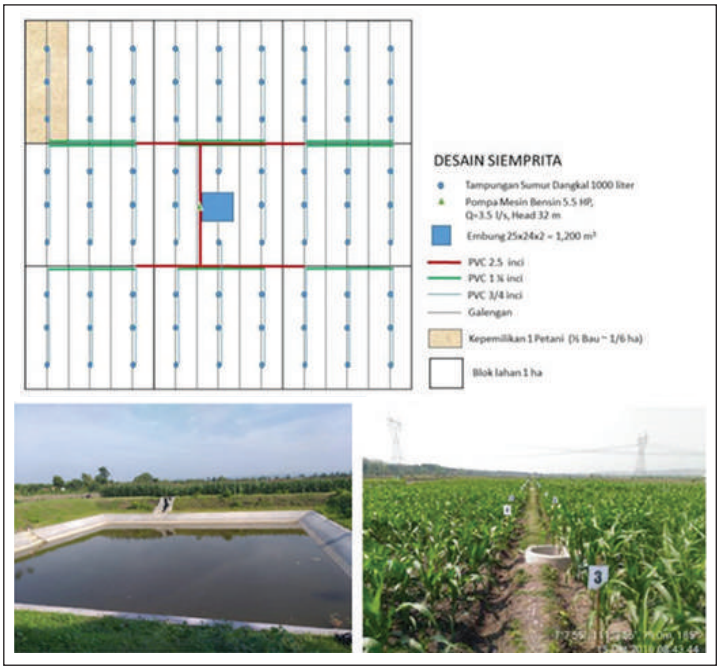
3. Pengembangan Irigasi Hemat Air: Studi Kasus di Kabupaten Grobogan

Teknologi irigasi hemat air yang telah berkembang di Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah, adalah irigasi kocor. Irigasi diberikan langsung kepada tanaman jagung hibrida yang ditanam pada awal musim kemarau di lahan tadah hujan dan lahan kering. Dosis irigasi 200 ml diberikan dengan interval 7–10 hari sebanyak 5 kali pada tanaman jagung di lahan tadah hujan. Sementara itu, dosis irigasi 200 ml, interval 3 hari, sebanyak 25 kali dan interval 2 hari sebanyak 30 kali dilakukan di lahan kering, dengan hasil rata-rata mencapai 5,8 ton/ha.

Inovasi teknologi yang dikembangkan di Kabupaten Grobogan adalah SIEMPRITA, yaitu sistem irigasi berupa tampungan sumur terbuat dari beton kedap air yang terhubung dengan embung sebagai sumber air. Air dialirkan dari embung ke sumur beton menggunakan pompa dorong, kemudian disiram kepada tanaman menggunakan alat siram. Embung 1.200 m^3 mengairi 9 ha lahan jagung dengan pengaturan air sesuai fase pertumbuhan tanaman. Jumlah tampungan SIEMPRITA tergantung pada jarak tanam, interval irigasi, dan golongan irigasi. Pada musim hujan, selain air hujan aliran permukaan juga akan mengisi embung, sedangkan pada musim kemarau, air embung berasal dari saluran di sekitar embung dan embung besar yang posisinya lebih tinggi. Desain SIEMPRITA ditunjukkan pada Gambar 6.13.

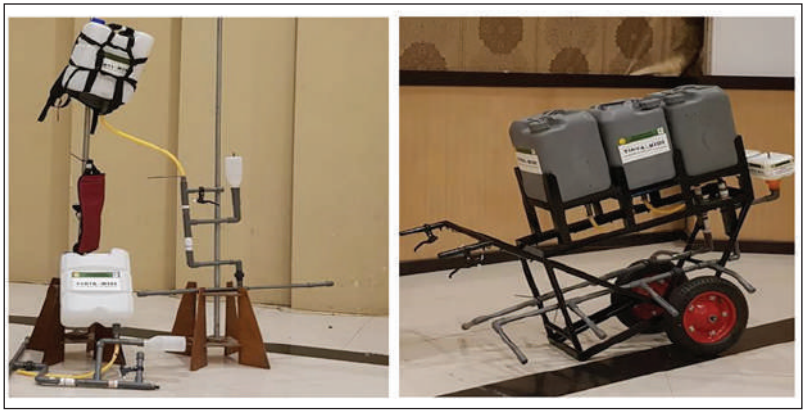
Teknik penyiraman hemat air, selain sistem kocor, dapat menggunakan alat irigasi khusus, yaitu TIRTA-MINI ataupun TIRTA-MIDI (Gambar 6.14). TIRTA-MINI merupakan alat siram yang mirip dengan alat semprot hama penyakit diletakkan pada punggung penyiram, sedangkan TIRTA-MIDI memiliki kapasitas lebih besar karena ditempatkan pada gerobak menggunakan roda pendorong.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Sutrisno (2019)

Gambar 6.13 Sistem Irigasi Embung Terkoneksi Tampungan Renteng Hemat Air



Sumber: Kartiwa (2018)

Gambar 6.14 Alat Siram Hemat Air Model Tangki Gendong Inovatif

Buku ini tidak diperjualbelikan.

F. Penutup

Perubahan iklim makin sering terjadi, tercermin pada fluktuasi curah hujan yang menyebabkan lebih banyak banjir dan kekeringan. Hal ini berdampak luas pada kehidupan manusia. Upaya berkelanjutan harus terus dilakukan agar dapat beradaptasi dengan perubahan iklim. Teknologi adaptasi perubahan iklim berbasis kearifan lokal telah berhasil diterapkan dalam berbagai agroekosistem dan diterima oleh masyarakat secara luas. Namun, untuk menjaga keberlanjutan implementasi teknologi ini secara besar-besaran, diperlukan langkah-langkah, seperti transfer teknologi, sosialisasi inovasi secara intensif, peningkatan partisipasi masyarakat, pendampingan teknologi, dan penguatan lembaga pengelolaan sumber daya air. Kerja sama yang erat antara pemerintah pusat, provinsi, kabupaten/kota, dan masyarakat menjadi kunci dalam mencapai sinergi pemanfaatan sumber daya yang beragam, seraya memupuk hubungan yang harmonis antara masyarakat dan pemerintah.

Oleh karena itu, *Global Circulation Model* (GCM) dalam skenario perubahan iklim dapat meningkatkan pemahaman tentang aliran air di dalam DAS. Melalui analisis neraca air, kita dapat mengidentifikasi ketersediaan dan kebutuhan air serta mengevaluasi kekritisan sumber daya air. Pentingnya analisis ini, yang terus berkembang seiring waktu, memberikan informasi komprehensif tentang kebutuhan dan ketersediaan air nasional. Data ini bermanfaat bagi pengambil kebijakan dan *stakeholder*, terutama dalam pengelolaan sumber daya air di sentra produksi pertanian. Prioritas diberikan pada ketersediaan air irigasi untuk produksi pertanian berkelanjutan.

Referensi

Adams, R. M., & Peck, D. E. (2008). Effects of climate change on water resources. *CHOICES The magazine of food, farm, and resource issues* (vol. 23, nomor 1). https://www.choicesmagazine.org/2008-1/theme/04.pdf

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Aerts, J. C. J. H., Kriek, M., & Schepel, M. (1999). STREAM (Spatial tools for river basins and environment and analysis of management options): 'Set up and requirements'. *Phys. Chem. Earth (B)*, *24*(6), 591–595. https://www.researchgate.net/publication/329736838

Aldrian, E., Karmini, M., & Budiman. (2011). *Adaptasi dan mitigasi perubahan iklim di Indonesia*. Pusat Perubahan Iklim dan Kualitas Udara, Kedeputian Bidang Klimatologi, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG).

Balitbangtan. (2017). *Petunjuk teknis implementasi infrastruktur panen air*. Kementerian Pertanian.

Barnett, T. P., Adam, J. C., & Lettenmaier, D. P. (2005). Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions. *Nature*, *438*, 303–309. https://doi.org/10.1038/nature04141

Beza, A. I., Lilis H, Y., & Suprayogi, I. (2016). Kajian pemanfaatan air hujan sebagai pemenuhan kebutuhan air bersih di Pulau Kecil (Studi kasus: Desa Concong Tengah Kecamatan Concong Kabupaten Indragiri Hilir). *Jom FTEKNIK*, *3*(1), 1–10.

BWS Sumatera IV. (2021). *Pembangunan akuifier buatan simpanan air hujan (ABSAH)*. Diakses pada15 Mei 2023, dari https://sda.pu.go.id/balai/bwssumatera4/post/detail/pembangunan-akuifier-buatan-simpanan-air-hujan-absah

Chiew, F. H. S., & Mcmahon, T. A. (1996). Trends in historical streamflow records. Dalam J. A. A. Jones, C. Liu, M. K. Woo, H. T. Kung (Ed.), *Regional hydrological response to climate change* (63–68). Kluwer Academic Publisher.

Firdaus, U. (2022, 5 Maret). *Peran komunitas Mat Peci dalam optimalisasi pemanfaatan air hujan di era new normal* [Pemaparan]. Kongres Memanen Air Hujan IV, Yogyakarta.

Giyanto. (2022, 17 Desember). *Merajut harapan, Memanen air hujan* [Pemaparan]. Kongres Memanen Air Hujan V Tahun 2022, Yogyakarta.

Grehenson, G. (2018). *Pakar UGM ajak masyarakat memanen air hujan*. Diakses pada 7 Mei, 2023,dari https://www.ugm.ac.id/id/berita/17044

Hadimuljono, B. (2021, Januari 13). *Manfaatkan air hujan, Padat karya ABSAH Kementerian PUPR TA 2021 mencakup 273 Lokasi*. Diakses pada 13Mei, 2023, dari https://pu.go.id/berita/manfaatkan-air-hujan-padat-karya-absah-kementerian-pupr-ta-2021-mencakup-273-lokasi

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Heryani, N. (2021). Pengembangan teknologi panen air untuk memenuhi kebutuhan domestik. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, *15*(2), 117–129. https://doi.org/10.21082/jsdl.v15n2.2021.117-129

Heryani, N. (2022). Dam parit bertingkat dan teknologi irigasi hemat air untuk optimalisasi pemanfaatan sumberdaya air di lahan kering. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, *41*(2), 74–84. https://doi.org/10.21082/jp3.v41n2.2022.p74-84

Heryani, N., Kartiwa, B., Sosiawan, H., Rejekiningrum, P., Adi, S. H., Apriyana, Y., Pramudia, A., Yufdy, M. P., Tafakresnanto, C., Rivaie, A. A., Suratman, Dariah, A., Malik, A., Yusuf, & Setiani, C. (2022). Analysis of climate change impacts on agricultural water availability in Cimanuk Watershed, Indonesia. *Sustainability (Switzerland)*, *14*(23), Article 16236. https://doi.org/10.3390/su142316236

Heryani, N., Sawiyo, & Pujilestari, N. (2013). Pemberian irigasi sumplementer pada lahan kering berbasis kearifan lokal untuk meningkatkan produktivitas lahan. Dalam *Prosiding seminar nasional matematika, sains dan teknologi volume 4, tahun 2013*, 58–71.

Heryani, N., Sosiawan, H., & Hari Adi, S. (2014). Penilaian kesesuaian pembangunan dam parit bertingkat untuk antisipasi kekeringan: Studi kasus Kecamatan Cenrana, Kabupaten Maros, Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Sumber Daya Air*, *10*(2), 113–124.

Heryani, N., Sudarman, K., Talaohu, S. H., & Sawiyo. (2013). Disain teknologi panen hujan untuk kebutuhan rumah tangga studi kasus di Daerah Istimewa Yogyakarta dan Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, *16*(3), 170–182.

IPCC. (2013). *Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of Intergovernmental Panel on Climate Change* (T. F. Stocker, D. Qin, G. K Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, & P. M. Midgley [Ed.]). Cambridge University Press. https://www.researchgate.net/publication/266208027

IPCC. (2014). *Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of working groups I, II, and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Core Writing Team, R. K. Pachauri, & L.A. Meyer [Ed.]).

Janrosi, M. R. E., Sujatmoko, B., & Fauzi, M. (2018). Pemanenan air hujan secara komunal di Desa Teluk Papal Kecamatan Bantan Kabupaten Bengkalis. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik, 5*(2), 1–7.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Joleha, Sujatmoko, B., Djuniati, S., Gussafri, H., Bochari, Hendri, A., & Suprasman. (2019). Penerapan teknologi pemanenan air hujan menuju desa mandiri air bersih di Pulau Merbau. *Unri Conference Series: Community Engagement*, *1*, 317–324. https://doi.org/10.31258/unricsce.1.317-324

Julian, M. M., Nishio, F., Poerbandono, & Ward, P. J. (2011). Simulation of river discharges in major watersheds of Northwestern Java From 1901 To 2006. *International Journal of Technology*, *2*(1), 37–46.

Kartiwa, B. (2018). *SIEMPRITA: Sistem irigasi embung terkoneksi tampungan renteng irit air* [Presentasi poster]. Pembahasan Hasil Penelitian Blok Program di Kabupaten Grobogan Jawa Tengah.

Kartiwa, B. (2021). *Pengembangan teknologi hemat air untuk efisiensi irigasi di lahan sawah tadah hujan Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2020). *Status lingkungan hidup Indonesia 2020.*

Kementerian Lingkungan Hidup. (2008). *Kajian risiko dan adaptasi terhadap perubahan iklim Pulau Lombok Provinsi Nusa Tenggara Barat*.

Kementerian PPN/Bappenas. (2009). *Indonesia climate change sectoral roadmap* (M. Irving, S. Thamrin, H. von Luepke, P. Guizol, Medrilzam, C. Panjiwibowo, L. Stender, T. Harrison, F. K. Ursula, A. Amalia, I. Ni Tua, & T. D. Virgyanti [Ed.]).

Kementerian PPN/Bappenas. (2014). *Rencana aksi nasional adaptasi perubahan iklim (RAN-API)*.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 11/PRT/M/2014 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Air Hujan pada Bangunan Gedung dan Persilnya. (2014). https://peraturan.bpk.go.id/Details/104493/permen-pupr-no-11prtm2014-tahun-2014

Srivastav, A. L., Dhyani, R., Ranjan, M., Madhav, S., & Sillanpää, M. (2021). Climate-resilient strategies for sustainable management of water resources and agriculture. *Environmental Science and Pollution Research*, *28*, 41576–41595. https://doi.org/10.1007/s11356-021-14332-4

Loo, Y. Y., Billa, L., & Singh, A. (2015). Effect of climate change on seasonal monsoon in Asia and its impact on the variability of monsoon rainfall in Southeast Asia. *Geoscience Frontiers*, *6*(6), 817–823. https://doi.org/10.1016/j.gsf.2014.02.009

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Malek, K., Adam, J. C., Stöckle, C. O., & Peters, R. T. (2018). Climate change reduces water availability for agriculture by decreasing non-evaporative irrigation losses. *Journal of Hydrology*, *561*, 444–460. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.11.046

Pawenrusi, F. (t.t.) *Akuifer Buatan Simpanan Air Hujan (ABSAH)* [Bahan paparan PPT]. Direktorat Air Tanah dan Air Baku, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Poerbandono, Ward, P. J., & Julian, M. M. (2009). Set up and calibration of a spatial tool for simulating river discharge of Western Java in recent decades: Preliminary results and assessments. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, *41*(1), 50–64.

Radhika, Firmansyah, R., & Hatmoko, W. (2017). Perhitungan ketersediaan air permukaan di Indonesia berdasarkan data satelit. *Jurnal Sumber Daya Air*, *13*(2), 115–130.

Ranesh, K. Y. (2014). Impact of climate change on water resources. *J Earth Sci Clim Change*, *5*(3), 185. https://doi.org/10.4172/2157-7617.1000185

Rejekiningrum, P. (2014). Dampak perubahan iklim terhadap sumberdaya air: Identifikasi, simulasi, dan rencana aksi. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, *8*(1), 1–15.

Rejekiningrum, P. (2021). *Pengembangan teknologi hemat air untuk efisiensi irigasi di lahan kering iklim kering*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.

Rivaie, A. A. (2021). *Pengembangan teknologi hemat air untuk efisiensi irigasi di lahan kering masam*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.

Sekolah Vokasi UGM. (2022, 17 Desember). *Komunitas pecinta pemanenan air hujan* [Pemaparan]. Kongres Memanen Air Hujan V Tahun 2022, Yogyakarta.

Sekretariat Kabinet Republik Indonesia. (2017). *111 pulau ini ditetapkan Presiden Jokowi sebagai pulau-pulau kecil terluar.* Diakses pada 12 Mei, 2023, dari https://setkab.go.id/111-pulau-ini-ditetapkan-presiden-jokowi-sebagai-pulau-pulau-kecil-terluar/

Şen, Z. (2021). Reservoirs for water supply under climate change impact—A review. *Water Resources Management*, *35*(11), 3827–3843). https://doi.org/10.1007/s11269-021-02925-0

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Setiyo. (2022, 17 Desember). *Peran kelompok masyarakat dalam memanfaatkan air hujan untuk memenuhi kecukupan air di Desa Sruni, Boyolali, Komunitas Agni Mandiri, Desa Sruni Musuk, Boyolali* [Pemaparan]. Kongres Memanen Air Hujan V Tahun 2022, Yogyakarta.

Sosiawan, H. (2015). *Penelitian dan pengembangan model food smart village pada lahan kering untuk adaptasi perubahan iklim*. Balai Penelitian Agroklimat Dan Hidrologi, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.

Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G., Alexander, L., Allen, S., Bindoff, N., Bréon, F., Church, J., Cubasch, U., Emori, S., Forster, P., Friedlingstein, P., Gillett, N., Gregory, J., Hartmann, D., Jansen, E., Kirtman, B., Knutti, R., Kanikicharla, K. K., … Tangang, F. (2013). Technical summary. Dalam T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, & P. M. Midgley (Ed.), *Climate change 2013: The physical science basis. Working group I contribution to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

Subagiyo, A. (2021). *Perubahan iklim dan ketahanan sumber daya air*. Aris Subagiyo. Diakses pada 16 Mei, 2023, dari http://arissubagiyo.lecture.ub.ac.id/2021/05/perubahan-iklim-dan-ketahanan-sumber-daya-air/

Sutrisno, E., Siregar, Y. I., & Nofrizal. (2016). Pengembangan sistem pemanenan air hujan untuk penyediaan air bersih di Selatpanjang Riau. *Dinamika Lingkungan Indonesia*, *3*(1), 1–8.

Sutrisno, N. (2019). *Model pengelolaan air terpadu untuk meningkatkan indeks pertanaman tanaman pangan dan produksi pertanian*. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.

Sutrisno, N., Heryani, N., Nurbani. (2012). Ketahanan air mendukung ketersediaan pangan pulau-pulau kecil. Dalam E. Pasandaran, E. E. Ananto, K. Suradisastra, S. N. Sutrisno, B. Irawan, H. Soeparno, & A. Hendriadi (Ed.), *Membangun kemandirian pangan pulau-pulau kecil dan wilayah perbatasan*. IAARD Press.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Tan, L., Feng, P., Li, B., Huang, F., Liu, D. L., Ren, P., Liu, H., Srinivasan, R., & Chen, Y. (2022). Climate change impacts on crop water productivity and net groundwater use under a double-cropping system with intensive irrigation in the Haihe River Basin, China. *Agricultural Water Management*, *266*. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107560

Tan, V., & Wora, M. (2021). Kajian pemanfaatan air hujan sebagai pemenuhan kebutuhan air bersih di Pulau Ende. *TEKNOSIAR*, *15*(1), 9–17.

Tarekegn, N., Abate, B., Muluneh, A., & Dile, Y. (2022). Modeling the impact of climate change on the hydrology of Andasa watershed. *Modeling Earth Systems and Environment*, *8*(1), 103–119. https://doi.org/10.1007/s40808-020-01063-7

The World Bank. (2013). *Turn down the heat: Climate extremes, regional impacts, and the case for resilience.*

Tolentino, P. L. M., Poortinga, A., Kanamaru, H., Keesstra, S., Maroulis, J., David, C. P. C., & Ritsema, C. J. (2016). Projected impact of climate change on hydrological regimes in the Philippines. *PLoS ONE*, *11*(10). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163941

Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil. (2007). https://peraturan.bpk.go.id/Details/39911/uu-no-27-tahun-2007

UNESCO, & UN Water. (2020). *United Nations world water development report: Water and climate change*.

WALHI-FoE Indonesia. (t.t.). *Small islands and profound impact of the climate crisis* [Buklet].

Wang, Xj., Zhang, Jy., Ali, M., Shahid, S., He, Rm., Xia, Xh., & Jiang, Z. (2016). Impact of climate change on regional irrigation water demand in Baojixia irrigation district of China. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, *21*(2), 233–247. https://doi.org/10.1007/s11027-014-9594-z

WMO. (2016, 8 November). *The global climate 2011-2015: Hottest five year period on record*. Science Daily. https://www.sciencedaily.com/releases/2016/11/161108122748.htm#

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Bab 7

Topi Anti DBD: Inovasi Adaptasi Perubahan Iklim pada Sektor Kesehatan

Tri Astuti Sugiyatmi

A. Dampak Perubahan Iklim pada Sektor Kesehatan

Fenomena pemanasan global menyebabkan naiknya suhu rata-rata permukaan bumi akibat efek rumah kaca pada atmosfer bumi. Efek rumah kaca sendiri dihasilkan oleh kegiatan manusia yang makin beragam, seperti penggundulan hutan (deforestasi), pemakaian alat transportasi yang memakai bahan bakar minyak, polusi udara dari cerobong limbah dari pabrik dan industri, gas-gas dari kulkas dan aerosol, serta gas-gas dari sisa pertanian dan peternakan. Kenaikan suhu bumi menyebabkan mencairnya salju-salju yang mengakibatkan kenaikan permukaan air laut, adanya risiko untuk terjadinya banjir, dan risiko tenggelamnya pulau-pulau kecil (Thornton dkk., 2014). Pemanasan global menyebabkan perubahan iklim yang definisikan

T. A. Sugiyatmi
Universitas Borneo Tarakan, e-mail: triastuti@borneo.ac.id

© 2023 Editor & Penulis
Sugiyatmi, T. A. (2023). Topi anti dbd (TAD) sebuah inovasi adaptasi perubahan iiklim pada sektor kesehatan. Dalam Elza Surmaini, Lilik Slamet Supriatin, & Yeli Sarvina (Ed.), *Teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim* (173–201). Penerbit BRIN. DOI: 10.55981/brin.901.c722, E-ISBN: 978-623-8372-46-1

Buku ini tidak diperjualbelikan.

oleh Konvensi Kerangka Kerja PBB terkait Perubahan Iklim (*United Nations Framework Convention on Climate Change*, UNFCCC) sebagai perubahan komposisi atmosfer global dan variabililitas iklim alami pada periode tertentu akibat dampak langsung maupun tidak langsung dari seluruh kegiatan manusia.

Dampak perubahan iklim juga akan berpengaruh pada kelompok masyarakat, baik yang berada di kawasan perkotaan, perdesaan, maupun kawasan pulau-pulau kecil, dan juga terjadi pada semua negara, baik negara dengan tingkat pendapatan rendah maupun menengah (Bambrick dkk., 2011; Borg dkk., 2021). Di negara maju, perubahan iklim mempunyai dampak yang lebih kecil apabila dibanding dengan negara berkembang dan negara miskin. Negara miskin menjadi lebih rentan terhadap dampak perubahan iklim karena adanya berbagai keterbatasan sumber daya. Studi tentang dampak perubahan iklim menyebabkan kerugian akibat terbuangnya sumber daya yang sangat besar jika dibiarkan tanpa intervensi apa pun (Fankhauser & McDermott, 2014).

Sektor-sektor pertanian, peternakan, kawasan pesisir dan kelautan, lingkungan, dan kesehatan menjadi yang terdampak dan merupakan korban dari perubahan iklim. Dampak dari perubahan iklim berpengaruh, antara lain pada menurunnya produksi pangan serta terganggunya arus transportasi dan distribusi makanan kejadian iklim ekstrem, seperti banjir dan longsor. Bahkan, dalam sebuah studi di Kepulauan Fiji, perubahan iklim dianggap berkontribusi pada kemiskinan dan pada kelompok yang tidak beruntung (Morrow & Bowen, 2014). Indonesia sebagai salah satu negara penghasil emisi gas rumah kaca (GRK) sangat terdampak perubahan iklim. Kajian dampak akibat perubahan iklim di Indonesia menemukan berbagai dampak pada sektor lingkungan, permukaan air laut, energi, pertanian, kehutanan, dan sumber daya pesisir. Semua sektor tersebut akan berpengaruh pada sektor hilir berikutnya, yaitu sektor ekonomi, populasi miskin, dan kesehatan (Case dkk., 2007; Measey, 2010).

Sektor kesehatan merupakan sektor yang berada di hilir dan menjadi muara pada hampir semua sektor lain yang lebih hulu yang

Buku ini tidak diperjualbelikan.

sama-sama terkena dampak perubahan iklim. Dampak perubahan iklim pada sektor lain, sering kali juga akan berpengaruh pada sektor kesehatan, baik secara langsung dan tidak langsung. Dampak langsung pada sektor kesehatan adalah adanya korban-korban trauma pascabencana, baik fisik maupun mental, juga adanya angka kecacatan serta kematian akibat bencana hidrologi, seperti banjir dan longsor imbas dari iklim ekstrem. Bencana hidrologi juga yang akan menyebabkan produksi bahan pangan akan berkurang. Permasalahan gizi kurang, buruk, dan bahkan mengakibatkan risiko *stunting* dalam jangka panjang bisa diakibatkan karena produksi dan distribusi pangan yang terganggu akibat bencana. Kondisi kekurangan gizi juga dapat memacu terjadinya penyakit infeksi menular. Penyakit-penyakit menular yang muncul akibat dampak perubahan iklim adalah seperti penyakit yang ditularkan melalui air (*water-borne disease*) dan penyakit berbasis vektor (*vector-borne disease*).

Berdasarkan Kajian Risiko dan Adaptasi Perubahan Iklim (KRAPI): Ringkasan untuk Pembuat Kebijakan oleh Kementerian Lingkungan Hidup serta Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas) di beberapa kota di Indonesia pada tahun 2012, dipilih Kota Tarakan sebagai representasi kota pulau, bersama dengan kota Palembang di Sumatra Selatan dan Malang Raya yang meliputi Kota Malang, Kabupaten Malang, dan Kota Batu. Kajian pada berbagai sektor, antara lain kesehatan dan lingkungan pada masing-masing daerah didukung oleh pemerintah daerah masing-masing. Penelitian di Kota Tarakan juga didukung oleh Badan Pembangunan Daerah (Bappeda) Kota Tarakan, Dinas Lingkungan Hidup, dan Dinas Kesehatan.

Hasil KRAPI menunjukkan bahwa ada kenaikan temperatur udara sebesar 0,63°C sepanjang 25 tahun terakhir. Hal ini juga yang ditengarai membuat vektor infeksi dengue, yaitu nyamuk *Aedes* sp. makin cocok dengan suhu dan kelembapan yang ada. Menghangatnya suhu menyebabkan perkembangan nyamuk *Aedes* sp. makin *fit* dengan lingkungan Kota Tarakan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Pada studi di Fiji disebutkan bahwa ada tiga dampak perubahan iklim yang terbesar pada kesehatan manusia, yaitu diare, kekurangan gizi, serta infeksi dengue (Valentová & Bostik, 2021; Rocque dkk., 2021; Morrow & Bowen, 2014). Diare sebagai penyakit yang masuk dalam klasifikasi *water-borne disease* dapat terjadi karena peristiwa kekeringan panjang akibat iklim ekstrem yang menyebabkan pasokan air bersih kurang. Saat pasokan air bersih kurang, penyakit seperti diare atau bahkan *typhoid* kerap menyerang (Levy dkk., 2018). Tidak berbeda dengan studi di beberapa negara tersebut, hasil KRAPI di Kota Tarakan juga menyebutkan bahwa diare menjadi satu jenis penyakit infeksi menular yang berpotensi terjadi. Hal ini dapat terjadi karena bergantungnya Tarakan dengan sumber air bersih yang berasal dari air hujan dan iklim ekstrem dapat mengakibatkan kemarau panjang yang menyebabkan hujan berkurang. Pada kondisi ini, penyakit *water-borne diseases*, seperti diare dan *typhoid*, dapat terjadi.

Dampak kedua merupakan dampak tidak langsung perubahan iklim, yaitu pada sektor kesehatan, seperti kekurangan gizi. Kekurangan gizi terjadi sebagai dampak karena adanya gangguan produksi pangan akibat kekeringan dan/atau atau distribusi pangan terganggu akibat bencana. Penyakit infeksi lain yang mendasari *(underlying disease)* yang menyerang saluran pencernaan, seperti diare dan *typhoid* juga menyebabkan absorpsi zat gizi terganggu.

Infeksi dengue menjadi dampak terbesar ketiga akibat perubahan iklim. Infeksi dengue sendiri masuk dalam klasifikasi penyakit berbasis vektor (*vector-borne disease*). Selain infeksi dengue, penyakit berbasis vektor lain ialah zika dan chikungunya yang ditularkan oleh vektor nyamuk *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus*. Ada juga penyakit yang disebabkan oleh parasit plasmodium dan ditularkan oleh nyamuk *Anopheles*, yaitu penyakit malaria. Infeksi dengue mendapat perhatian khusus karena demam dengue (DD) dan demam berdarah dengue (DBD) menjadi salah satu jenis penyakit berbasis vektor yang berpotensi menjadi kejadian luar biasa (KLB) atau wabah yang rutin setiap tahunnya. Selain itu, DBD juga menjadi salah satu penyakit penyebab kematian dalam waktu cepat.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Hasil kajian Bhatt dkk., (2013) menyebutkan bahwa setiap tahun sebanyak 200 juta orang mengalami infeksi dengue dengan 96 juta memperlihatkan gejala klinis ataupun subklinis. Kematian akibat dengue 99% dapat dicegah, tetapi setiap tahun terdapat estimasi kematian sampai 20.000 jiwa di lebih dari 100 negara (Carabali dkk., 2015). Berdasarkan laporan World Health Organization (2022a), secara global terjadi kasus DD dan DBD menyerang sekitar 50–100 juta orang yang terjadi setiap tahunnya di seluruh dunia. Kasus DBD di seluruh dunia meningkat pesat dalam beberapa dekade terakhir dan sekitar 50% dari penduduk dunia mempunyai risiko terkena penyakit ini. Khusus insidensi DBD di Indonesia pada tahun 2021 sampai dengan minggu ke-51, jumlah kasus dengue/DBD kumulatif sebanyak 51.048. Jumlah kematian akibat dengue/DBD kumulatif sebanyak 472. Jumlah kabupaten/kota terjangkit ialah 456 dari 34 provinsi yang sudah melaporkan DBD. Kasus DBD tertinggi berada pada kelompok umur 15–44 tahun. Jumlah tersangka dengue pada minggu ke-51 dari laporan sebanyak 64.000 suspek dengue. Dengan melihat besaran masalah kasus baru dengue (*incident rate*), angka kematian kasus dengue (*case fatality rate*), serta adanya tingkat kesulitan penatalaksanaan, perlu adanya upaya pencegahan dan pengendalian yang inovatif selain program yang sudah ada secara nasional.

Kehadiran Topi Anti DBD (TAD) sebagai sebuah inovasi pada tahun 2012 di Kota Tarakan dimaksudkan untuk menutup mulut kontainer penampungan air buatan manusia dengan bahan kasa plastik yang dijahit dan dibentuk menjadi serupa topi. TAD saat itu menjadi bagian dari ketahanan kota terhadap bahaya DBD akibat perubahan iklim. Teknologi tepat guna ini cocok untuk daerah tertentu yang mengalami kesulitan pada sumber air bersihnya.

Bab ini bertujuan untuk meningkatkan arus informasi yang ditujukan kepada masyarakat untuk mendorong *public awareness* terkait perubahan iklim pada sektor kesehatan. Salah satu upaya untuk meningkatkan ketahanan iklim juga dapat dilakukan dengan meningkatkan kapasitas masyarakat dan para pengambil kebijakan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

dalam adaptasi perubahan iklim. Dalam hal ini perlu dilakukan transfer *knowledge* kepada masyarakat dan pengambil kebijakan untuk meningkatkan pemahaman mengenai jenis dampak perubahan iklim dan upaya adaptasinya. Selain itu, pengambil kebijakan perlu didorong untuk menyusun program dan regulasi yang secara langsung atau tidak langsung dapat melahirkan upaya adaptasi perubahan iklim untuk meningkatkan ketahanan masyarakat (Aisya, 2019). Tujuan akhirnya adalah agar masyarakat dapat membangun resiliensi terhadap perubahan iklim (Bardosh dkk., 2017). Resiliensi menjadi sebuah kondisi setelah adanya ancaman perubahan iklim, khususnya pada sektor kesehatan yang diikuti oleh kesadaran untuk melakukan proses adaptasi. Dalam hal ini, proses pembelajaran untuk meningkatkan kapasitas masyarakat dan bahkan pengambil kebijakan menjadi sesuatu hal yang seharusnya dilakukan.

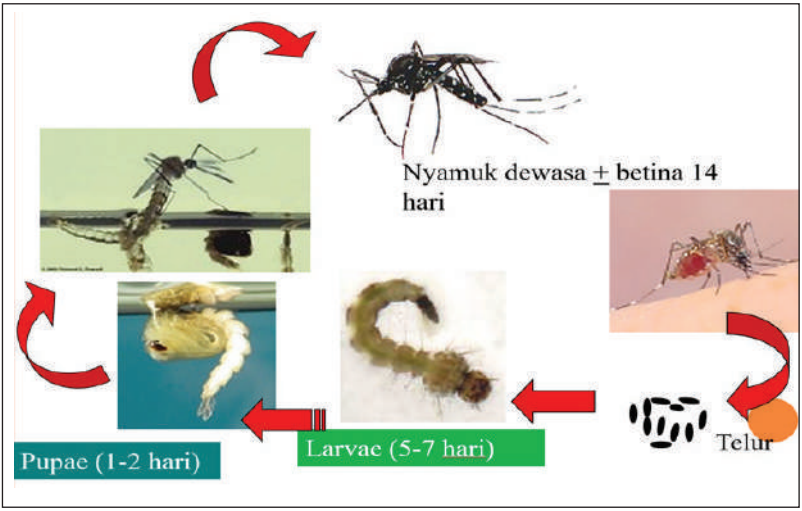
B. Infeksi Dengue: Segitiga Epidemiologi, Gejala, Patofisiologi, dan Klasifikasi

Pembahasan untuk membicarakan kejadian infeksi penyakit menular tidak dapat dilepaskan dari segitiga epidemiologi, yaitu apa dan bagaimana dari sisi penyebab (*agent*), bagaimana dari sisi manusianya (*host*), dan dari sisi lingkungannya (*environment*). Penyebab infeksi dengue (*agent*) ini adalah virus dengue yang berjenis virus RNA dalam genus *Flavivirus* dan keluarga Flaviviridae. Virus ini mempunyai empat *strain*, yaitu DEN-1, DEN-2, DEN-3, dan DEN-4. Virus dengue ditularkan melalui gigitan nyamuk *Aedes* sp. yang berperan sebagai vektor. Pengertian vektor adalah makhluk kecil (*small creature)* yang dapat menularkan agen penyakit. Dalam hal ini, infeksi dengue dibawa oleh nyamuk *Aedes aegypti* atau *Aedes albopictus* dan bukan menular dari orang ke orang secara langsung. Nyamuk penyebar infeksi dengue yang utama adalah *Aedes aegypti*, yaitu jenis nyamuk domestik yang sarang dan perindukannya di air yang bersih. Nyamuk *Aedes albopictus* juga bisa menjadi penyebar infeksi dengue yang hidupnya di luar rumah atau di kebun.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Nyamuk *Aedes aegypti* atau *Aedes albopictus* mengalami siklus mulai dari nyamuk dewasa bertelur pada kontainer buatan (*man-made container*), seperti *profil tank*, drum, kamar mandi, belakang kulkas, tempat minum burung, ban bekas, dan sampah yang menampung air hujan. Nyamuk ini lebih menyukai perindukan air bersih, berbeda dengan nyamuk *Anopheles* yang lebih menyukai tempat perindukan pada air kotor, pada rawa-rawa, atau genangan akibat penggundulan hutan. Telur dari nyamuk *Aedes* sp. tersebut akan berubah dan berkembang menjadi larva (jentik-jentik), pupa, kemudian berkembang menjadi nyamuk dewasa. Perkembangan nyamuk tersebut memakan waktu sekitar 1–2 minggu. Telur, larva, dan pupa hidup berada di dalam air, sedangkan nyamuk dewasa hidup di udara (Gambar 7.1).

Ciri-ciri larva *Aedes aegypti*, yaitu (1) berenang bebas di air dan tidak melekat pada akar tanaman air; (2) mempunyai *siphon* yang besar tetapi pendek; dan (3) membentuk sudut dengan permukaan air, saat istirahat. Sementara itu, nyamuk *Aedes aegypti* dewasa mempunyai ukuran sedang dengan tubuh dan tungkainya ditutupi sisik



Sumber: RS Sari Asih Ciputat (2016)

Gambar 7.1 Siklus Hidup Nyamuk *Aedes aegypti*

Buku ini tidak diperjualbelikan.

dengan garis-garis putih dengan warna dasar hitam kecoklatan. Bagian punggung tubuhnya tampak dua garis melengkung vertikal di bagian kiri dan kanan yang menjadi ciri dari spesies ini. Disebutkan pula ukuran dan warna nyamuk *Aedes aegypti* kerap berbeda antarpopulasi, tergantung dari kondisi lingkungan dan nutrisi yang diperoleh nyamuk selama perkembangan. Nyamuk jantan umumnya lebih kecil dari betina dan terdapat rambut-rambut tebal pada antena nyamuk jantan. Sementara itu, yang sering menularkan virus dengue dari orang sakit kepada orang sehat adalah nyamuk betina yang menggigit pada siang hari. Seekor nyamuk yang membawa virus dengue dapat terus menginfeksi orang lain selama nyamuk tersebut masih hidup. Seluruh anggota keluarga bisa jadi terinfeksi virus dengue dari nyamuk yang sama dalam waktu 2–3 hari.

Mengingat tempat perindukannya yang menyukai genangan air bersih, DBD paling sering menyerang selama dan setelah musim hujan. DBD biasanya terjadi pada wilayah dan area tropis dan subtropis, seperti di Asia Tenggara, Tiongkok, India, Timur Tengah, Karibia, Amerika Tengah, Amerika Selatan, Australia, Kepulauan Pasifik (Pasifik Selatan dan Pasifik Tengah), dan Afrika (World Health Organization, 2022b). Tinggal atau bepergian ke daerah dengan iklim tropis atau subtropis menjadi salah satu potensi untuk terkena infeksi dengue.

Selain kondisi iklim, faktor lingkungan yang menjadi faktor risiko infeksi dengue adalah daerah permukiman padat. Di daerah permukiman padat, meningkatnya kebutuhan air bersih dan potensi orang menyimpan air dalam berbagai kontainer buatan manusia juga akan makin meningkat. Kondisi di daerah rawan air bersih juga menyebabkan masyarakat cenderung menampung air. Khusus daerah tadah air hujan, masyarakat akan menempatkan tempat penampungan air langsung di bawah talang supaya sewaktu-waktu mendapatkan aliran air hujan sehingga penampungan itu tidak pernah ditutup dan dibiarkan terbuka. Faktor lingkungan dengan sampah padat yang tidak terkelola dengan baik, seperti ban bekas, botol bekas air mineral, dan kaleng juga akan menjadi tempat perindukan nyamuk

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Aedes aegypti yang menjadi vektor infeksi dengue saat hujan turun. Nyamuk *Aedes* sp. akan bertelur di dalam air dan akan berkembang menjadi larva (jentik), selanjutnya pupa, dan kemudian berubah menjadi nyamuk dewasa. Siklus ini akan berlangsung berulang-ulang dan akan meningkatkan probabilitas gigitan nyamuk Aedes.

Faktor perubahan iklim berkontribusi pada meningkatnya DBD karena beberapa hal mekanisme. Pertama, kejadian hujan ekstrem. Curah hujan sangat tinggi menyebabkan vektor nyamuk menemukan tempat perindukan pada kontainer-kontainer buatan manusia yang terbuka. Kemunculan penyakit-penyakit yang diakibatkan oleh virus dengue, selain karena bertambahnya tempat perindukan seperti sudah disebutkan sebelumnya, juga karena makin *fit*-nya vektor nyamuk dengan suhu dan kelembapan yang ada (Negev dkk., 2015).

Hubungan perubahan iklim dengan infeksi dengue yang ditularkan oleh vektor nyamuk *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus* sudah banyak dipelajari di beberapa kota pada berbagai negara. Untuk Indonesia, tercatat di Tarakan dan Semarang, serta Dhaka di Bangladesh yang tergabung dalam Asian Cities Climate Change Resilience Network (ACCCRN) (Cahyorini dkk., 2019; Ahmed dkk., 2007). Selain itu, tercatat negara yang sudah melaporkan hubungan antara infeksi dengue, yaitu Bangladesh (Banu dkk., 2014); Amerika Serikat (Akanda & Johnson, 2018); Tiongkok (Bai dkk., 2013); Pakistan (Bakhsh dkk., 2018); dan Eropa (Bouzid dkk., 2014).

Faktor ketiga dari segitiga epidemiologi adalah kondisi manusianya (*host*). Masuknya virus dengue ke dalam tubuh manusia tidak terjadi secara langsung dari manusia sakit ke manusia sehat, tetapi terjadi melalui perantara gigitan nyamuk *Aedes* yang membawa virus dengue ke manusia sehat. Pada saat kondisi daya tahan tubuh turun, manusia mengalami gejala seperti sakit flu (*flu like syndrome*).

Virus dengue akan lebih dulu berada pada tahap inkubasi sampai pada akhirnya memunculkan gejala dalam tiga fase (grafiknya seperti pelana kuda), yaitu fase demam, fase kritis, serta fase penyembuhan. Fase demam adalah terjadinya demam tinggi yang muncul mendadak dan berlangsung selama 2–7 hari, dengan bersama-sama diikuti gejala

Buku ini tidak diperjualbelikan.

lain, seperti nyeri otot dan sakit kepala. Sementara itu, fase kritis terjadi saat demam akan turun. Tahap ini justru berisiko paling berbahaya, yaitu mengalami perdarahan parah, dan biasanya memerlukan perawatan dan observasi intensif. Fase ketiga adalah fase penyembuhan, yaitu seusai fase kritis, pasien akan mengalami demam kembali yang merupakan masa pemulihan DBD di mana trombosit (keping darah) perlahan kembali naik.

Beberapa pasien datang dalam kondisi syok (*dengue syock syndrome,* DSS) dengan gejala tekanan darah yang cenderung menurun, pupil melebar, napas sesak, mulut terasa kering, denyut nadi lemah, kulit cenderung lembap dan basah, akral terasa dingin, dan jumlah air kencing menurun. Tingkat kematian DSS yang tidak tertangani sangat tinggi, yaitu bisa mencapai angka 40%. Pada kondisi tertentu, DBD dapat menyebabkan kejang, kerusakan berbagai organ, seperti hati, jantung, paru-paru dan otak, penggumpalan darah, hingga kematian.

Proses perjalanan infeksi DBD dimulai saat nyamuk *Aedes* sp. menggigit kulit manusia untuk mengisap darah sehingga virus yang berada di liur nyamuk betina tersebut akan ikut masuk ke dalam tubuh. Setelah itu, virus akan masuk dan mengalir dalam darah manusia, kemudian menginfeksi sel-sel kulit terdekat yang disebut keratinosit. Virus akan membuat gangguan pada organ liver serta meningkatkan permeabilitas pembuluh darah kapiler di tubuh yang dapat menyebabkan kebocoran plasma darah (*plasma leakage*). Pada saat itu, trombosit sering menurun (trombositopenia) yang berakibat darah susah membeku. Trombositopenia berpotensi menyebabkan kebocoran kapiler darah yang dapat mengakibatkan kegagalan sistem peredaran darah dan syok. Kondisi saat proses pembekuan darah terjadi secara berlebihan, *disseminated intravascular coagulation* (DIC), pada akhirnya menyebabkan berbagai komplikasi berbahaya, yaitu kegagalan banyak organ (*multi-organ failure*). Pada kebanyakan pasien, justru akan pulih dalam waktu dua minggu karena virus akan mati sendiri (*self limiting disease*). Namun, pada pasien DBD, harus tetap diingat bahwa ada masa kritis yang harus terlewati dengan baik.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Kematian akan terjadi saat terjadi komplikasi yang tidak teratasi dengan baik.

DBD dapat terjadi pada orang dengan umur yang beragam. Uniknya, pasien bisa terinfeksi lebih dari sekali, tetapi oleh jenis *strain* yang berbeda dari sebelumnya. Orang yang sebelumnya punya riwayat pernah terkena demam berdarah akan berpeluang tinggi mengalami gejala yang lebih serius jika terinfeksi lagi.

Pada saat awal ditemukan di Indonesia, yaitu di Surabaya pada tahun 1960-an, DBD diketahui hanya menyerang anak-anak. Pada perkembangannya, kemudian meningkat pada umur yang lebih tua, bahkan ibu hamil juga bisa terserang DBD. Pada ibu hamil yang terkena DBD, bahayanya menjadi ganda karena selain mengancam ibu juga bisa mengancam janin yang dikandungnya (Chotigeat dkk., 2003; Malhotra dkk., 2006; Friedman dkk., 2014; Paixao dkk., 2018; Bhardwaj dkk., 2020).

Klasifikasi infeksi dengue, dapat dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu demam dengue (*dengue fever*) yang disingkat sebagai DD/DF dan demam berdarah dengue (*dengue hemorrhagic fever*) yang disingkat DBD/DHF. Keduanya sama-sama disebabkan oleh virus dengue yang ditularkan melalui gigitan nyamuk *Aedes aegypti* atau *Aedes albopictus*. Dari segi keparahan, DD berbeda dengan DBD. Sebelum memasuki fase DBD, seseorang yang terkena gigitan nyamuk terlebih dahulu dan mengalami kondisi yang disebut demam dengue. DBD lebih berbahaya karena terjadi perdarahan yang bisa menyebabkan penderita syok dan meninggal. Pada pasien DBD, terjadi kebocoran pembuluh darah, sedangkan pada DD tidak terjadi hal yang sama. Pada buku ini, penekanannya cenderung pada DBD yang lebih sering menimbulkan syok (*dengue shock syndrome,* DSS) dengan manifestasi klinis yang lebih berat dan angka kematian yang lebih tinggi dibanding dengan DD.

Adanya tanda dan gejala DBD yang mirip dengan penyakit infeksi lain, seperti malaria, leptospirosis, dan tifus, menyebabkan diagnosis DBD relatif sulit dilakukan. Oleh karena itu, untuk

Buku ini tidak diperjualbelikan.

menegakkan diagnosis diawali dengan melakukan anamnesis yang cermat, khususnya awal mulai panas (*onset*) ditambah pemeriksaan fisik serta pemeriksaan laboratorium yang tepat secara waktu (World Health Organization, 2022b). Pemeriksaan laboratorium pada DBD dapat dilakukan dengan tes darah lengkap untuk mengevaluasi nilai trombosit, leukosit, Hb, serta nilai hematokrit. Tes cepat antibodi juga dapat dilakukan dengan menginterpretasikan hasil Immunoglobulin G dan Immunoglobulin M secara bersamaan dengan interpretasi yang tidak mudah. Sementara itu, tes cepat antigen dengue akan mendeteksi protein nonstruktural NS1 yang ada di dalam darah selama infeksi dengue. Tes ini dapat mendeteksi dalam waktu yang lebih cepat pada infeksi dalam beberapa hari pertama (sebelum munculnya antibodi yang membutuhkan waktu lama). Dengan akurasi yang cukup tinggi, World Health Organization (WHO) telah merekomendasikan penggunaan alat tes cepat DBD untuk pemeriksaan antigen NS1 dengue (World Health Organization, 2022c).

C. Program Pencegahan/Pengendalian DBD dan Kedudukan TAD di Dalamnya

Program pencegahan dan pengendalian DBD (P2 DBD) yang sudah disiapkan oleh Kementerian Kesehatan (Kemenkes) RI cukup bervariasi, mulai dari pengendalian vektor sampai dengan pengendalian wabah (Tabel 7.1). Pencegahan terhadap infeksi dengue dapat dibagi menjadi berbagai kegiatan mengingat vektor nyamuk mempunyai siklus telur-larva-pupa-nyamuk dewasa. Pada kondisi normal, pengendalian vektor pada tahap larva cenderung lebih direkomendasikan oleh WHO karena sifatnya yang menetap dan lebih mudah penanganannya. Selain itu, upaya pemakaian alat pelindung pribadi yang dilakukan di badan dan menghindari daerah wabah juga dilakukan secara bersamaan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Tabel 7.1 Cara Pencegahan dan Pengendalian DBD

Fokus Pencegahan	Jenis Kegiatan
1. Berbasis siklus nyamuk	
a. Membatasi populasi larva	Upaya Pemberantasan Sarang Nyamuk (PSN) dengan cara 3M (menutup, menguras, dan mengelola)tempat penampungan air bersih, seperti *profil tank*, drum, kamar mandi, vas bunga, dispenser, dan bagian bawah kulkas.
	Pemakaian TAD di atas tempat penampungan air, khususnya di wilayah rawan air dan tadah hujan.
	Memberikan ikan pemakan jentik, seperti ikan cupang dan ikan kepala timah, yang akan memakan jentik sehingga larva tidak bisa berkembang menjadi nyamuk dewasa.
	Membubuhkan bubuk larvasida, misalnya abate pada bak mandi atau bak penampungan air untuk membunuh jentik-jentik nyamuk.
	Mengelola sampah padat yang dapat menampung air hujan, seperti botol air mineral, kaleng, dan berbagai sampah yang dapat menampung air hujan.
b. Membatasi populasi nyamuk secara permanen (dimatikan)atau dibatasi di suatu tempat	Mematikan nyamuk dengan obat nyamuk bakar atau semprot ataupun *fogging* (saat terjadi wabah).
	Memelihara tanaman-tanaman yang dapat mengusir nyamuk, seperti serai, lavender, zodia, geranium, dan akar wangi.
	Memasang kasa anti nyamuk di pintu dan jendela rumah.
2. Menggunakan alat pelindung (pribadi) untuk menjauhkan dari gigitan nyamuk	Memakai pakaian tertutup (pakaian berlengan panjang, syal, kaos kaki, dan celana atau rok panjang yang menutupi tubuh) termasuk saat bepergian.
	Menggunakan *lotion* anti nyamuk walaupun sedang berada di dalam ruangan.
	Menggunakan kelambu saat tidur.
	Tidak menggantung pakaian bekas pakai.
3. Menjauhi tempat wabah	Menghindari bepergian ke tempat yang mengalami wabah DBD.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Fokus Pencegahan	Jenis Kegiatan
4. Penanganan penularan/ wabah secara tepat	Melakukan *fogging* dengan insektisida untuk membunuh nyamuk dewasa.
	Melakukan penyelidikan epidemiologi secara benar dengan skrining yang tertular pada daerah penularan.
	Upaya pemberian KIE (komunikasi, informasi & edukasi) pada masyarakat.
5. Dengan menggunakan vaksinasi	Vaksin anti dengue yang masih banyak dalam proses studi. Dalam kenyataannya sudah ada yang diterapkan
6. Monitoring dan evaluasi	Melakukan penilaian ABJ (Angka Bebas Jentik) baik *house index* maupun *container index*. Menggerakan kegiatan Satu Rumah Satu Jumantik (juru pemantau jentik) atau Jumantik Keluarga 1-1.

Sumber: Skipetrova dkk. (2018), Kementerian Kesehatan RI (2021)

Hal yang perlu diingat ialah apabila sudah terjadi DBD pada seseorang, pilihannya hanyalah melakukan tata laksana klinis agar penderita selamat. Prinsip dari penatalaksanaan klinis adalah dengan mengatur cairan yang masuk dan memberikan obat-obat suportif. Mengingat penyebabnya adalah virus maka menjaga dalam fase kritis supaya tidak *drop* sangatlah penting. Penyembuhan spontan akan terjadi saat virus mati di dalam tubuh.

Melihat model dan fokus pencegahan yang ada, dapat dinyatakan bahwa untuk P2 DBD, tidak ada satu metode pun yang berdiri sendiri dipakai untuk semua keadaan. Metode tersebut harus dipakai secara bersamaan dan saling melengkapi. Khusus untuk pemakaian insektisida, baik untuk membunuh larva (jenis temephos) maupun untuk membunuh nyamuk dewasa dengan *fogging*, dapat dikatakan aman dalam dosis yang dianjurkan. Memang dalam pelaksanaannya tidak bisa dilakukan secara sembarangan dan terdapat syarat dan ketentuan yang berlaku mengingat kejadian resistensi nyamuk terhadap berbagai insektisida sudah mulai terjadi. Menu-menu inovasi untuk pencegahan dan penanggulangan DBD secara biologi, antara lain memakai tanaman, seperti serai dan lavender, juga pemakaian ikan pemakan jentik, seperti ikan cupang pada penampungan air.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Sementara itu, TAD sendiri belum menjadi kegiatan inovasi yang "diakui" oleh bagian P2 DBD Kemenkes RI.

Walaupun dianjurkan untuk melakukan kegiatan secara simultan, pada kenyataannya WHO menyarankan pencegahan pada fase larva (jentik) karena dianggap yang paling efektif, berbeda dengan fase nyamuk yang memiliki jarak terbang 200 meter sehingga relatif sulit untuk dikendalikan. Pendekatan pada fase jentik sendiri dapat menggunakan pengendalian biologi, yaitu dengan pemberian ikan pemakan jentik pada penampungan air. Kelemahannya adalah ia akan mudah hanyut saat terjadi hujan lebat. Pengendalian secara kimia dapat dilakukan dengan menaburkan bubuk insektisida dengan ukuran tertentu. Kekurangan metode ini adalah akan menjadi sangat mahal pada kondisi penampungan yang sangat besar dan faktor bau juga menyebabkan keengganan warga. Metode secara fisik yang paling direkomendasikan adalah 3M (menutup, menguras, dan mengelola sampah). Program 3M merupakan program yang cukup murah dan mudah dilaksanakan, tetapi membutuhkan komitmen yang kuat. Justru, perilaku masyarakat dalam hal ini masih sangat kurang karena berbagai hal. Kegiatan menutup penampungan air sulit dilaksanakan, khususnya pada daerah rawan air dan pada daerah tadah hujan. TAD hadir menjadi solusi alternatif dalam hal ini. TAD menjadi penutup penampungan air yang terbuat dari kasa nyamuk yang berongga kecil sehingga masyarakat tetap dapat menampung air dengan aman.

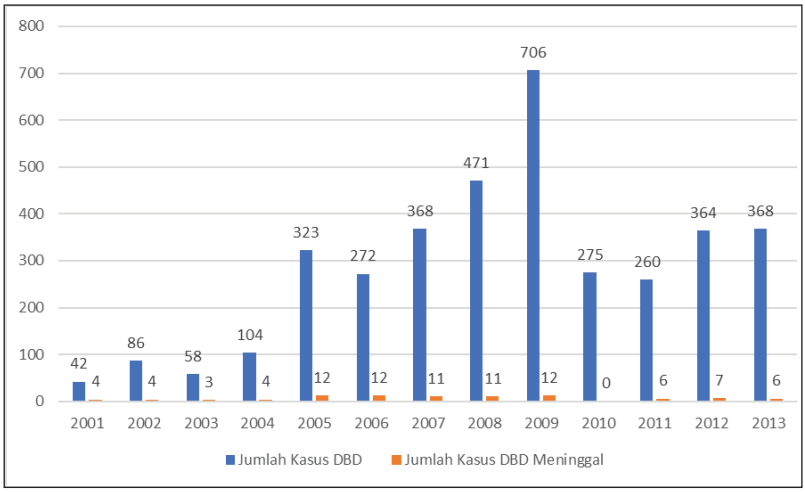
Upaya pemberdayaan masyarakat dalam program Pemberantasan Sarang Nyamuk (PSN) dengan cara 3M merupakan salah satu kunci keberhasilan program ini. Beberapa daerah/negara menerapkan sanksi tegas saat ditemukan jentik di dalam kontainer air di rumah warganya. Berdasarkan pengalaman penulis saat *short course* tentang kesehatan di Sabah, Malaysia, pada tahun 2008, regulasi yang ketat terkait jentik diberlakukan pada warga Sabah, Malaysia. Pada saat itu, penulis sebagai salah satu peserta yang tergabung dalam Tim Teknis Dinkes Kalimantan Timur, Indonesia, mengikuti *short course* pada Jabatan Kesihatan Negeri Sabah, Malaysia, dan diperlihatkan proses surveilans DBD di mana masyarakat akan diberikan sanksi apabila di

Buku ini tidak diperjualbelikan.

dalam kontainer, di dalam rumah, dan/atau sekitar rumahnya didapati jentik. Petugas surveilans akan mengambil bukti dan masyarakat bisa melakukan mekanisme pembelaan di pengadilan saat tuduhan petugas surveilans tidak terbukti. Jika terbukti bahwa jentik yang diambil oleh petugas surveilans sebagai bukti adalah benar menunjukkan ciri-ciri jentik *Aedes*, masyarakat akan dikenakan denda.

D. Teknologi Tepat Guna dalam Adaptasi Penyakit DBD di Kota Tarakan

Hasil kajian KRAPI menyatakan bahwa perubahan iklim khususnya di Kota Tarakan menyebabkan adanya kenaikan masa hidup nyamuk karena menghangatnya cuaca Tarakan sebagai kota pulau. Suhu dan kelembapan Kota Tarakan sangat cocok untuk perkembangan nyamuk *Aedes* sp. Tren kasus DBD di Kota Tarakan terbagi atas sebelum dilakukan kajian, saat kajian berlangsung, serta pascakajian (lihat Gambar 7.2).

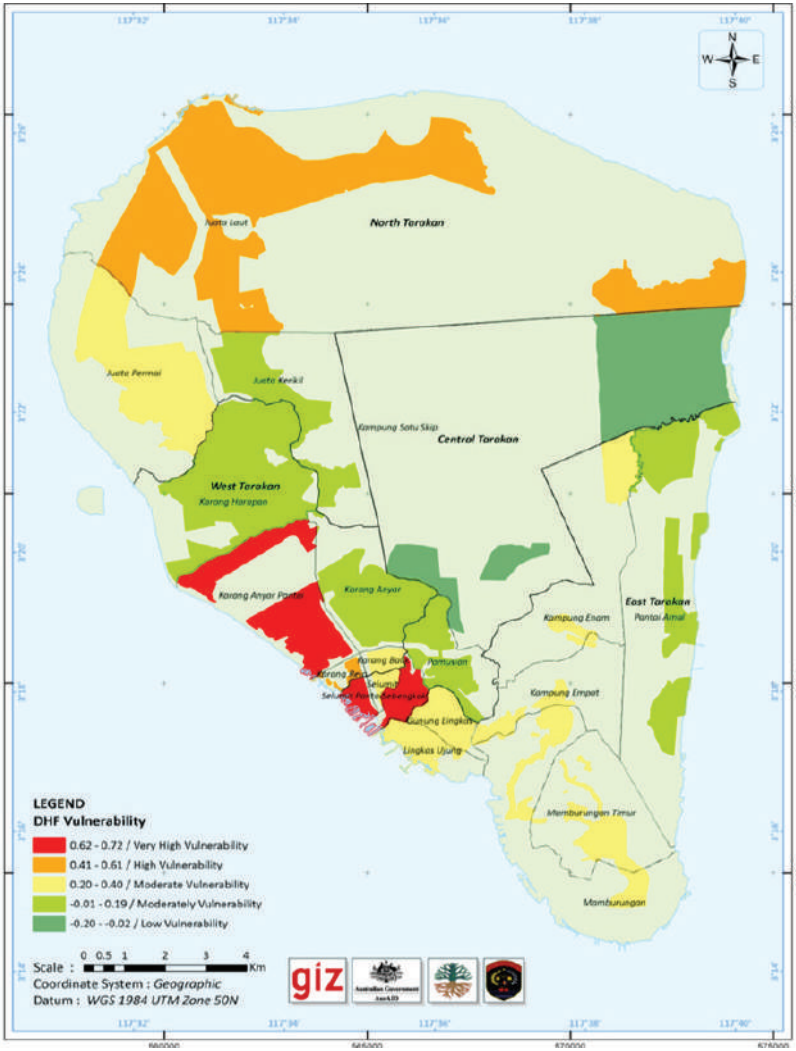


Sumber: Data Serial DBD Dinkes Tarakan (Sugiyatmi, 2014)

Gambar 7.2 Grafik Jumlah Kasus dan Kasus Meninggal Akibat DBD di Kota Tarakan 2001–2013

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Mengutip hasil KRAPI, terdapat peta kerentanan DBD di wilayah Pulau Tarakan (Gambar 7.3) di mana kasus yang tinggi (warna merah) terjadi ditunjukkan di wilayah pesisir, seperti Kelurahan Selumit Pantai, Kelurahan Juata Laut, Kelurahan Sebengkok, dan Kelurahan



Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup (2012)

Gambar 7.3 Peta Kerentanan DBD di Kota Tarakan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Karang Anyar (lihat Gambar 7.3). Warna merah pada peta menunjukkan bahwa angka kasus infeksi dengue di wilayah tersebut tinggi. Hal ini juga ditunjang dengan data pendukung bahwa pada wilayah pesisir, saluran air perpipaan dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) tidak ditemukan. Oleh karena itu, dalam memenuhi kebutuhan air bersih untuk mandi-cuci-kakus, bahkan air yang dikonsumsi, sebagian masyarakat menampung air hujan. Masyarakat meletakkan berbagai tempat penampungan air hujan langsung terhubung dengan talang air, seperti bak penampungan air, *profil tank*, drum, dan ember. Untuk tetap dapat menampung air hujan, berbagai jenis penampungan air tersebut diletakkan begitu saja tanpa tutup. Dalam kondisi demikian, kemungkinan untuk indikator Angka Bebas Jentik (ABJ) juga akan sangat rendah dan hal inilah yang menjadi penyebab kasus baru infeksi dengue meningkat. Daerah dengan warna merah ini dalam peta disebut sebagai daerah dengan tingkat kerawanan yang sangat tinggi (*very high vulnerability*).

Pada tahun 2012, jumlah kasus cenderung meningkat, sedangkan angka kematian juga meningkat dan DBD menjadi endemik di semua kelurahan. Dengan pemodelan, diperoleh hasil yang sangat mencengangkan, yaitu angka kasus DBD akan mencapai ribuan apabila tidak dilakukan upaya intervensi. Pada saat itu semua upaya sesuai yang mengacu pada panduan Kemenkes sudah dilakukan dan akhirnya dirasakan perlunya terobosan inovasi ABJ sehingga kasus dan angka kematian pada akhirnya akan menurun. Terobosan itu adalah dengan mengenalkan penggunaan TAD di Kota Tarakan (Tim Redaksi JPNN, 2012).

Pada tahun 2012, penulis melakukan riset untuk membuat inovasi untuk mencegah bertelurnya nyamuk *Aedes aegypti* di atas penampungan air. Dengan memakai bahan dasar tekstil ataupun nontekstil (seperti kasa nyamuk plastik) yang memiliki lubang kecil, diharapkan nyamuk tidak dapat bertelur di atas penampungan air dan penampungan tetap bisa menampung air hujan. Pada tahun 2014, melalui bimbingan dari Mercy Corps Indonesia sebagai *co-partner* Rockefeller Foundation, penulis mengembangkan TAD sebagai strategi adaptasi dalam perubahan iklim (Sugiyatmi, 2016).

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Salah satu kegiatan yang dilakukan adalah strategi adaptasi untuk menghadapi potensi kenaikan angka infeksi dengue di Kota Tarakan pada 3 RT *pilot project* dan 26 RT lainnya. Kegiatan ini dilakukan untuk melatih masyarakat menghasilkan produk TAD sebagai inovasi dalam pencegahan DBD. Produk ini bukan topi yang dipakai di atas kepala manusia, melainkan sebagai penutup pada mulut kontainer buatan manusia (*man-made container*), seperti drum dan *profil tank.*

TAD adalah penutup *container* buatan manusia (*man-made container*) yang terbuat dari kasa nyamuk dengan ukuran yang cukup kecil dan untuk meletakkannya di atas pintu profil atau drum diberikan karet pengikat supaya tidak mudah lepas saat terkena air hujan atau gerojokan air hujan dari talang air. Alat ini dirancang untuk menjadi penutup tempat penampungan air yang dimaksudkan untuk mencegah nyamuk *Aedes* hinggap dan bertelur di atasnya dan juga di sisi lainnya minimal partikel kotoran besar tidak bisa masuk ke dalam tempat penampungan air tersebut.

Kelahiran Topi Anti DBD sebagai sebuah strategi adaptasi yang bersifat inovatif adalah untuk merespons angka DBD yang mempunyai kecenderungan terus meningkat sesuai prediksi KRAPI tersebut. TAD melengkapi "menu" program pencegahan dan penanggulangan (P2) DBD dari Kemenkes RI pada tahun-tahun tersebut yang juga dipakai sampai saat ini. TAD menjadi produk *home industry* buatan masyarakat yang telah dilatih dan ribuan TAD yang dihasilkan dibagikan ke masyarakat juga. Pada tahun 2016, BPJS Cabang Kota Tarakan juga berperan serta dalam mengadakan dan membagikan TAD ini.

TAD berhasil menaikkan ABJ yang menjadi salah satu indikator keberhasilan pengendalian vektor. ABJ merupakan singkatan dari Angka Bebas Jentik yang menunjukkan persentase dari kontainer tempat penampungan maupun rumah yang tanpa jentik dibanding dengan jumlah rumah yang ada. Makin tinggi ABJ maka akan makin baik karena probabilitas perkembangan jentik menjadi nyamuk dewasa akan makin menurun. Pada akhir proyek disimpulkan bahwa TAD dianggap mampu untuk meningkatkan ABJ dari kontainer maupun

Buku ini tidak diperjualbelikan.

rumah. Jika sebelumnya ABJ hanya dalam kisaran <50%, yang berarti dari 100 rumah, yang bebas jentik adalah kurang dari separuhnya. Sementara itu, standar ABJ adalah lebih dari 90%.

TAD merupakan teknologi tepat guna yang lahir dari sebuah kearifan lokal. Dikatakan sebagai kearifan lokal karena sebelum dilakukan studi sederhana yang akhirnya menghasilkan produk TAD yang dapat diproduksi oleh UMKM seperti saat ini, penutup mulut penampungan air sudah pernah ditemukan pada masyarakat dengan bahan seadanya. Masyarakat sering memanfaatkan barang bekas, seperti kain bekas kaos sebagai bahan penutup dan potongan ban dalam bekas ataupun tali rafia sebagai alat pengikat. Walaupun sempat dibiayai oleh *funding* dari NGO, ide ini murni tumbuh dari situasi dan kondisi di masyarakat Kota Tarakan yang menampung air hujan sebagai salah satu sumber air. TAD dianggap mampu secara fisik menjadi penghalang antara nyamuk dan air yang berada di penampungan yang sudah ditutup dengan kasa nyamuk berongga.

Modifikasi TAD secara personal masih sangat terbuka dan memungkinkan. Kehadiran TAD akan menjadi pelengkap upaya pencegahan dalam infeksi dengue, zika, dan chikungunya. TAD akan



Sumber: Tarakan endemis DBD (2012)

Gambar 7.4 Tangkapan Layar Berita di Media Massa terkait *Launching* TAD

Buku ini tidak diperjualbelikan.

sangat penting di daerah rawan air. Di daerah rawan air, masyarakat akan cenderung melakukan pemanenan air hujan (*rain water harvesting*). Alat untuk memanen air adalah semua jenis kontainer buatan manusia, seperti *profil tank*, drum, dan ember. TAD adalah teknologi sederhana berkelanjutan yang sesuai dengan merujuk pada *sustainable development goals* (SDGs) yang tercakup pada tujuan SDGs ke-3, yaitu kesehatan yang baik dan kesejahteraan; SDGs ke-5, yaitu sanitasi dan air bersih; serta SDGs ke-13, yaitu penanganan perubahan iklim.



Keterangan: (a) Bentuk TAD; (b) Proses pembuatan TAD; (c) Instalasi TAD pada drum; (d) Instalasi TAD pada mulut *profil tank*
Foto: Tri Astuti Sugiyatmi (2014)

Gambar 7.5 TAD: Bentuk, Proses Pembuatan, dan Instalasi TAD pada Penampungan Air

Buku ini tidak diperjualbelikan.

E. Analisis SWOT terkait TAD dan Cara Pembuatan TAD

TAD sebagai salah satu teknologi tepat guna memiliki berbagai kelebihan (*strength*) pada pengendalian vektor DBD. TAD memiliki berbagai keunggulan, seperti pada proses pembuatannya yang dapat melibatkan masyarakat luas serta kegunaannya yang multifungsi, selain untuk penghalang nyamuk bertelur juga dapat menyaring partikel besar, seperti kotoran dan hewan lain dari atap. Kelebihan TAD lainnya adalah aman karena tanpa tambahan insektisida apapun, perawatan yang mudah, serta tahan lama. Sayangnya, banyaknya kelebihan TAD belum tersosialisasi secara luas sehingga banyak masyarakat yang belum mengetahui. Di samping itu, cara untuk mendapatkan TAD yang harus berbayar menyebabkan masyarakat tidak terlalu berminat. Berbeda saat pendampingan dari Mercy Corps Indonesia ketika program berjalan (2014), masyarakat mendapatkan TAD secara gratis dan masyarakat sangat antusias.

Tabel 7.2 Analisis SWOT terkait TAD

A. Strength (Kekuatan/Kelebihan)	
1.	Target pasar cukup besar pada wilayah yang belum memiliki instalasi air bersih perpipaan sehingga masih menggunakan *man-made container*.
2.	Produk TAD dapat disimpan dalam waktu yang relatif lama sehingga tidak mudah rusak meskipun disimpan dalam tempat penyimpanan.
3.	Produk TAD dapat digunakan dalam jangka waktu relatif lama.
4.	Pembuatan produk TAD dapat melibatkan masyarakat untuk diberdayakan.
5.	Perawatan produk TAD relatif mudah untuk dilakukan karena tidak memerlukan bahan/peralatan khusus.
6.	TAD juga berfungsi sebagai penyaring partikel yang lebih besar dan vektor lain (tikus atau hewan pengerat lainnya).
7.	TAD menjadi pendukung kegiatan pemanenan air hujan untuk menghambat air hujan langsung masuk ke selokan dan berakhir di laut.
8.	TAD tidak menggunakan tambahan bahan kimia apa pun.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

B. Kelemahan (*Weakness*)	
1.	Pada TAD, belum pernah dilakukan penelitian berbasis laboratorium untuk efektifitas pencegahan vektor ke tempat penampungan air.
2.	Untuk mendapatkan produk TAD, masyarakat harus mengeluarkan biaya.
3.	TAD belum tersosialisasi secara luas.
C. Kesempatan (*Opportunity*)	
1.	Belum ada produk TAD yang dikombinasikan dengan insektisida aman.
2.	Belum pernah diproduksi secara massal (baru di level Kota Tarakan saja).
D. Ancaman (*Threat*)	
1.	Keengganan masyarakat untuk memakainya karena untuk mendapatkannya harus membeli, terkecuali saat ada program dari suatu institusi tertentu.
2.	TAD adalah produk teknologi tepat guna yang untuk memproduksinya perlu pembiayaan khusus.

Bahan dan alat untuk pembuatan TAD, yaitu (1) kasa nyamuk plastik; (2) bahan elastik dengan lebar sekitar 1–2 cm; (3) benang jahit dan mesin jahitnya; serta (4) mesin obras dan benang untuk obras. Sementara itu, cara pembuatannya adalah dengan urutan sebagai berikut.

1) Ukur diameter mulut penampungan air.
2) Potong kasa nyamuk plastik sesuai ukuran diameter dengan diberikan kelebihan beberapa sentimeter untuk menempelkan karet kolor/elastis atau sesuai ukuran panjang dan lebarnya apabila bentuk mulut penampungan air bukan berbentuk lingkaran.
3) Lakukan penjahitan sesuai dengan pola tempat penampungan air yang ada.
4) Supaya tidak cepat rusak, bisa dilakukan pengobrasan pada tepi potongan kasa nyamuk.
5) Pasang karet kolor.

TAD yang sudah selesai dapat dipasangkan langsung pada mulut penampungan air. Apabila diameter mulut profil cukup lebar, dalam pemasangannya sering kali membutuhkan orang lain untuk menahan di salah satu sisi. Pemeliharaan TAD cukup sederhana, yaitu hanya perlu dicuci dengan sabun jika sudah terlihat kotor.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

F. Komunikasi, Informasi, dan Edukasi TAD untuk Adaptasi DBD

Saat mendapat hibah dari Mercy Corps dengan dukungan dari Rockefeller Foundation, sekaligus, dilakukanlah survei terkait *knowledge, attitude*, dan *psychomotor* terkait P2 DBD di level masyarakat. Hal tersebut juga menyangkut pemberian pendidikan dan komunikasi terkait TAD sebagai strategi adaptasi dalam perubahan iklim. Kegiatan yang bersifat memberikan kesadaran kepada masyarakat sebaiknya selalu diberikan dalam berbagai kesempatan yang ada. Kampanye kesadaran masyarakat (*public awareness campaign*) dan inisiatif terkait adaptasi perubahan iklim juga sudah dilakukan. Beberapa pihak, khususnya di wilayah yang dipakai sebagai *pilot project*, yaitu di Kelurahan Selumit Pantai, sudah paham tentang TAD karena sudah disosialisasikan pada sepuluh tahun yang lalu. Terkait kebijakan dan strategi dalam pengarusutamaan adaptasi perubahan iklim, dibutuhkan pengetahuan pada level *policy maker* untuk mengetahui dampak perubahan iklim, khususnya dalam sektor kesehatan maupun hal-hal yang bisa dikerjakan dalam hal ini termasuk upaya adaptasi perubahan iklim (Sugiyatmi, 2016).

Jika pada tahun 2012 sudah muncul peta kerentanan DBD di Kota Tarakan, saat ini diperlukan upaya untuk membangun ketahanan (resiliensi) terhadap infeksi dengue akibat perubahan iklim. Peningkatan kapasitas masyarakat adalah sesuatu yang niscaya. Ketahanan terhadap perubahan iklim, khususnya terhadap penyakit DBD, juga dibutuhkan pada level pemerintah daerah. Beberapa kota dari banyak negara yang tergabung dalam ACCCRN sudah memulainya (Brown dkk., 2012). Dalam hal ini, Kota Tarakan di Provinsi Kalimantan Utara termasuk dalam jaringan tersebut yang didukung oleh Rockefeller Foundation.

G. Penutup

Kondisi perubahan iklim menjadikan penyebaran penyakit, khususnya penyakit menular berbasis vektor, memerlukan berbagai upaya pengendalian, baik pencegahan dan penanganan. TAD adalah sebuah

Buku ini tidak diperjualbelikan.

inovasi teknologi tepat guna yang dapat digunakan menjadi salah satu strategi adaptasi perubahan iklim dalam melawan infeksi dengue. Upaya penanggulangan saja menjadi tidak pernah maksimal karena keterbatasan sumber daya sehingga upaya di level yang lebih hulu, yaitu pencegahan menjadi sesuatu yang sangat penting. Dalam strategi adaptasi perubahan iklim, peranan teknologi sangatlah penting. Bukan hanya teknologi terbaru ataupun teknologi yang sudah *establish*, tetapi juga teknologi tepat guna yang sesuai dengan kondisi masyarakat bisa jadi memberikan kontribusi pada adaptasi perubahan iklim.

Referensi

Ahmed, T. U., Saifur Rahman, G. M., Bashar, K., Shamsuzzaman, M., Samajpati,S., Sultana, S., Hossain, M. I., Banu, N. N., & Rahman, M. S. (2007). Seasonal prevalence of dengue vector mosquitoes in Dhaka City, Bangladesh. *Bangladesh J. Zool*, *35*(2), 205–212.

Aisya, N. S. (2019). Politik adaptasi perubahan iklim dalam pendekatan multilevel governance di Kota Semarang. *Jurnal Hubungan Internasional*, *8*(1). https://doi.org/10.18196/hi.81143

Akanda, A. S., & Johnson, K. (2018). Growing water insecurity and dengue burden in the Americas. *The Lancet Planetary Health*, *2*(5), e190–e191. https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30063-9

Bai, L., Morton, L. C., & Liu, Q. (2013). Climate change and mosquito-borne diseases in China: A review. *Globalization and Health*, *9*(1), 1–22. https://doi.org/10.1186/1744-8603-9-10

Bakhsh, K., Sana, F., & Ahmad, N. (2018). Dengue fever in Punjab, Pakistan: Knowledge, perception and adaptation among urban adults. *Science of the Total Environment*, *644*, 1304–1311. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.077

Bambrick, H. J., Capon, A. G., Barnett, G. B., Beaty, R. M., & Burton, A. J. (2011). Climate change and health in the urban environment: adaptation opportunities in Australian cities. *Asia Pacific Journal of Public Health*, *23*(2 SUPPL.). https://doi.org/10.1177/1010539510391774

Banu, S., Hu, W., Guo, Y., Hurst, C., & Tong, S. (2014). Projecting the impact of climate change on dengue transmission in Dhaka, Bangladesh. *Environment International*, *63*, 137–142.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Bardosh, K. L., Ryan, S., Ebi, K., Welburn, S., & Singer, B. (2017). Addressing vulnerability, building resilience: Community-based adaptation to vector-borne diseases in the context of global change. *Infectious Diseases of Poverty*, *6*(1), 1–21. https://doi.org/10.1186/s40249-017-0375-2

Bhardwaj, D., Chawla, S., Sahoo, I., Rathore, P., Sharma, A., & Siddique, N. (2020). Dengue in pregnancy. *Medical Journal of Dr. D.Y. Patil Vidyapeeth, 13*(3), 264–267. https://doi.org/10.4103/mjdrdypu.mjdrdypu_195_19

Bhatt, S., Gething, P. W., Brady, O. J., Messina, J. P., Farlow, A. W., Moyes, C. L., Drake, J. M., Brownstein, J. S., Hoen, A.G., Sankoh, O., Myers, M. F., George, D. B., Jaenisch, T., William Wint, G. R., Simmons, C. P, Scott, T. W., Farrar, J. J., & Hay, S. I. (2013). The global distribution and burden of dengue. *Nature, 496*(7446), 504–507. https://doi.org/10.1038/nature12060

Borg, F. H., Andersen, J. G., Karekezi, C., Yonga, G., Furu, P., Kallestrup, P., & Kraef, C. (2021). Climate change and health in urban informal settlements in low- and middle-income countries–a scoping review of health impacts and adaptation strategies. *Global Health Action*, *14*(1). https://doi.org/10.1080/16549716.2021.1908064

Bouzid, M., Colón-González, F. J., Lung, T., Lake, I. R., & Hunter, P. R. (2014). Climate change and the emergence of vector-borne diseases in Europe: Case study of dengue fever. *BMC Public Health*, *14*(1), 1–12. https://doi.org/10.1186/1471-2458-14-781

Brown, A., Dayal, A., & Rumbaitis Del Rio, C. (2012). From practice to theory: Emerging lessons from Asia for building urban climate change resilience. *Environment and Urbanization*, *24*(2), 531–556. https://doi.org/10.1177/0956247812456490

Cahyorini, Azhar, K., & Veridona, G. (2019). Dengue Hemorrhagic Fever vulnerability indicators valuation due to climate change in Semarang City. Dalam *IOP conference series: Earth and environmental science*, *volume 363*. IOP Publishing. https://doi.org/10.1088/1755-1315/363/1/012012

Carabali, M., Hernandez, L. M., Arauz, M. J., Villar, L. A., & Ridde, V. (2015). Why are people with dengue dying? A scoping review of determinants for dengue mortality. *BMC Infectious Diseases*, *15*(1), 1–14. https://doi.org/10.1186/s12879-015-1058-x

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Case, M., Ardiansyah F., & Spector, E. (2007). *Climate change in Indonesia: Implications for humans and nature* (Summary). World Wide Fund for Nature (WWF). http://assets.panda.org/downloads/inodesian_climate_change_impacts_report_14nov07.pdf

Chotigeat, U., Kalayanarooj, S., & Nisalak, A. (2003). Vertical transmission of dengue infection in Thai infants: Two case reports. *Journal of the Medical Association of Thailand*, *86*(SUPPL. 3).

Fankhauser, S., McDermott, T. K. J. (2014). Understanding the adaptation deficit: Why are poor countries more vulnerable to climate events than rich countries? *Global Environmental Change*, *27*(1), 9–18.

Friedman, E. E., Dallah, F., Harville, E. W., Myers, L., Buekens, P., Breart, G., & Carles, G. (2014). Symptomatic dengue infection during pregnancy and infant outcomes: A retrospective cohort study. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, *8*(10). https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003226

Kementerian Kesehatan RI (2021). *Strategi nasional penanggulangan dengue 2021–2025*. https://p2pm.kemkes.go.id/storage/publikasi/media/file_1631494745.pdf

Kementerian Lingkungan Hidup. (2012). *Kajian resiko dan adaptasi perubahan iklim: Kota Tarakan, Sumatera Selatan, dan Malang Raya, Ringkasan untuk pembuat kebijakan.*

Levy, K., Smith, S. M., & Carlton, E. J. (2018). Climate change impacts on waterborne diseases: moving toward designing interventions. *Current Environmental Health Reports*, *5*(2), 272–282. https://doi.org/10.1007/s40572-018-0199-7

Malhotra, N., Chanana, C., & Kumar, S. (2006). Dengue infection in pregnancy. *International Journal of Gynecology and Obstetrics*, *94*(2), 131–132. https://doi.org/10.1016/j.ijgo.2006.05.002

Measey, M. (2010). Indonesia: A vulnerable country in the face of climate change. *Global Majority E-Journal*, *1*(1), 31–45.

Morrow, G., & Bowen, K. (2014). Accounting for health in climate change policies: A case study of Fiji. *Global Health Action*, *7*(1), 1–11. https://doi.org/10.3402/gha.v7.23550

Negev, M., Paz, S., Clermont, A., Pri-Or, N. G., Shalom, U., Yeger, T., & Green, S. (2015). Impacts of climate change on vector borne diseases in the mediterranean basin — implications for preparedness and adaptation policy. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *12*(6), 6745–6770. https://doi.org/10.3390/ijerph120606745

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Paixao, E. S., Harron, K., Campbell, O., Teixeira, M. G., Costa, M. D. C. N., Barreto, M. L., & Rodrigues, L. C. (2018). Dengue in pregnancy and maternal mortality: A cohort analysis using routine data. *Scientific Reports*, *8*(1), 1–6. https://doi.org/10.1038/s41598-018-28387-w

RS Sari Asih Ciputat. (2016, 9 Februari). *Demam Berdarah Dengue adalah satu jenis penyakit infeksi yang di timbulkan oleh Virus Dengue (genus Flavivirus), virus ini* [Terlampir gambar] [Status update]. Facebook. Diakses 31 Oktober, 2020, dari https://www.facebook.com/rssariasihciputat/photos/a.1655722034699714/1679222022349715/

Tarakan endemis DBD: P2PL perkenalkan Topi Anti DBD. (2012, 15 Desember). Radar Tarakan. Diakses pada 17 Desember, 2012. https://www.radartarakan.co.id/index.php/kategori/detail/Tarakan/29144

Tim Redaksi JPNN. (2012, 15 Desember). *Endemis, Tarakan kenalkan Topi Anti DBD*. JPNN.com. https://www.jpnn.com/news/endemis-tarakan-kenalkan-topi-anti-dbd?page=3

Rocque, R. J., Beaudoin, C., Ndjaboue, R., Cameron, L., Poirier-Bergeron, L., Poulin-Rheault, R. A., Fallon, C., Tricco, A. C, & Witteman, H. O. (2021). Health effects of climate change: An overview of systematic reviews. *BMJ Open*, *11*(6). https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-046333

Skipetrova, A., Wartel, T. A., & Gailhardou, S. (2018). Dengue vaccination during pregnancy – An overview of clinical trials data. *Vaccine*, *36*(23), 3345–3350. https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2018.04.050

Sugiyatmi, T. A. (2014, 20 Desember 2014). *Implementasi "Topi anti DBD (TAD)" sebagai alternatif upaya preventif pengendalian vektor DBD di kawasan permukiman pesisir* [Presentasi]. Kick off meeting: Pelaksanaan program TAD strategi adaptasi perubahan iklim, Tarakan, Indonesia.

Sugiyatmi, T. A. (2016, 18 Oktober 2016). *Anti DHF covering system (TADs) in water container as preventive action in vector control in coastal settlement area of Tarakan, North Kalimantan Indonesia* [Presentasi makalah]. Ministry of Health: International Seminar as part of the 52nd Indonesia Health Day, Jakarta, Indonesia.

Thornton, P. K., Ericksen, P. J., Herrero, M., & Challinor, A. J. (2014). Climate variability and vulnerability to climate change: A review. *Global Change Biology*, *20*(11), 3313–3328. https://doi.org/10.1111/gcb.12581

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Valentová, A., & Bostik, V. (2021). Climate change and human health. *Military Medical Science Letters (Vojenske Zdravotnicke Listy)*, *90*(2), 93–99. https://doi.org/10.31482/mmsl.2021.010

World Health Organization. (2022a). *Virtual meeting of regional technical advisory group for dengue and other arbovirus diseases*.

World Health Organization. (2022b, 14 Juli). *Laboratory testing for Zika virus and dengue virus infections: Interim guidance*. https://www.who.int/publications/i/item/WHO-ZIKV_DENV-LAB-2022.1

World Health Organization. (2022c, 29 November). *Surveillance and control of arboviral diseases in the WHO African region: Assessment of country capacities.* https://www.who.int/publications/i/item/9789240052918

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Bab 8

Sistem Pemeliharaan Ternak Ruminansia yang Adaptif terhadap Perubahan Iklim

Y. Widiawati, M.I. Shiddieqy, E.S. Rohaeni, Y.N. Anggraeny, Setiasih, Wardi, Firsoni, Antonius, W.T. Sasongko, M.C. Hadiatry, S. Widodo, H. Bansi, A. Herliatika, S. Asmairicen, S. Puspito, W. Widaringsih, N. Miraya E.M.W. Andreas, & S. Riyanti.

A. Peternakan sebagai Pilar Penyediaan Pangan Berkelanjutan

Ternak berperan sebagai penyedia pangan untuk mengamankan ketersediaan gizi dan sekaligus sebagai mata pencaharian bagi petani di negara berkembang. Sebagai penyedia pangan untuk ketersediaan gizi, peternakan merupakan salah satu penopang pemenuhan protein (Swanepoel dkk., 2010). Produksi ternak perlu ditingkatkan dua kali lipat untuk dapat menopang kebutuhan pangan di dunia sesuai peningkatan populasi penduduk dunia (Bernabucci, 2019). Selain itu, subsektor peternakan memegang peranan penting dalam perekonomian Indonesia, terutama di daerah perdesaan.

Y. Widiawati*, M.I. Shiddieqy, E.S. Rohaeni, Y.N. Anggraeny, Setiasih, Wardi, Firsoni, Antonius, W.T. Sasongko, M.C. Hadiatry, S. Widodo, H. Bansi, A. Herliatika, S. Asmairicen, S. Puspito, W. Widaringsih, N. Miraya E.M.W. Andreas, & S. Riyanti.Badan Riset dan Inovasi Nasional, *e-mail: yeni_widiawati14@yahoo.com

© 2023 Editor & Penulis

Widiawati, Y., Shiddieqy, M. I., Rohaeni, E. S., Anggraeny, Y. N., Firsoni, Sasongko, W. T., Setiasih, Antonius, Hadiatry, M. C., Wardi, Herliatika, A., Widodo, S., Asmairicen, S., Bansi, H., Puspito, S., Riyanti, S., Andreas, E.M.W., Widiaringsih, W., & Miraya, N. (2023). Sistem pemeliharaan ternak rumiansia yang adaptif terhadap perubahan iklim. Dalam Elza Surmaini, Lilik Slamet Supriatin, & Yeli Sarvina (Ed.), *Teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim* (203–231). Penerbit BRIN.
DOI: 10.55981/brin.901.c723 E-ISBN: 978-623-8372-46-1

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Pada tahun 2019–2020, subsektor peternakan menyumbang pendapatan ke-3 terbesar di antara sektor lainnya di bidang pertanian dan berkontribusi sebesar 1,57% terhadap produk domestik bruto nasional 2017, menyerap 12,22% dari 31,86% tenaga kerja yang terlibat dalam pertanian (Badan Pusat Statistik, 2020). Tahun 2020, konsumsi protein yang berasal dari daging sapi, unggas, susu, dan telur di Indonesia relatif rendah, yaitu rata-rata 21,9 kg per kapita per tahun (Badan Ketahanan Pangan, 2021). Angka ini masih perlu ditingkatkan karena masih jauh dari rata-rata konsumsi per kapita per tahun di kawasan Asia Tenggara. Oleh karena itu, banyak program nasional yang bertujuan untuk mendukung peningkatan populasi dan produksi ternak.

Salah satu program pemerintah dalam pemenuhan kebutuhan protein hewani adalah dengan meningkatkan produksi daging merah yang berasal dari ternak ruminansia, yaitu sapi potong, sapi perah, kerbau, domba, dan kambing. Pada periode 2016–2020, peningkatan populasi ternak ruminansia sebesar 13,06%, di mana pemerintah menargetkan pada periode 2020–2030 peningkatan populasi ternak ruminansia dapat mencapai 22,72% (Badan Pusat Statistik, 2020).

Pemeliharaan ternak dapat lebih menjamin keberlanjutan penyediaan pangan dunia di tengah-tengah terjadinya perubahan iklim dikarenakan ternak dapat lebih beradaptasi terhadap perubahan lingkungan hidupnya. Namun, perubahan iklim yang lebih ekstrem, seperti suhu bumi yang terus meningkat, dapat memengaruhi produktivitas ternak yang pada akhirnya dapat menjadi hambatan dalam upaya pemenuhan kebutuhan protein hewani asal ternak.

Bab ini bertujuan untuk membahas berbagai upaya yang perlu dilakukan agar ternak dapat beradaptasi terhadap perubahan iklim yang tidak dapat dihindari. Kekuatan sumber daya lokal yang dimiliki oleh Indonesia dapat dipergunakan untuk membantu memperkuat kemampuan ternak ruminansia untuk dapat beradaptasi terhadap perubahan iklim dengan tetap meningkatkan produktivitasnya.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

B. Kontribusi Peternakan Ruminansia terhadap Perubahan Iklim dan Upaya Mitigasi

Sektor pertanian menyumbang 5,82% dari total gas rumah kaca (GRK) di Indonesia (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2021), didominasi oleh gas metana (CH_4) (67%) yang berasal dari tanaman padi (69%) dan peternakan (28%) (Setyanto dkk., 2011). Total emisi dari sektor peternakan diperkirakan sebesar 7,1 gigaton CO_2-e per tahun atau 14,5% dari total emisi antropogenik (Gerber dkk., 2013). Laporan Global Livestock Environmental Assessment Model (GLEAM) FAO menunjukkan bahwa emisi dari rantai pasokan ternak terdiri atas 50% CH_4, 24% nitrogen oksida (N_2O), dan 26% karbon dioksida (CO_2) (Gerber dkk., 2013). Ternak ruminansia merupakan penghasil terbesar (79,1%) emisi GRK yang berasal dari spesies sapi (62,2%), kerbau (9,5%), dan kambing serta domba (7,4%), sedangkan kontribusi ternak nonruminansia (unggas dan babi) hanya 20,9% (Cheng dkk., 2022).

Emisi GRK dari peternakan berasal dari dua sumber, yaitu emisi langsung dari ternak dan emisi yang berasal dari kegiatan yang berhubungan dengan usaha ternak. Emisi CH_4 dan N_2O di dunia yang terkait dengan peternakan pada tahun 2010 sekitar 9% dari total emisi GRK (Caro dkk., 2014). Kontribusi dari ternak ruminansia secara langsung berasal dari fermentasi enterik dan pengelolaan kotoran ternak (Grossi dkk., 2019). Emisi enterik terjadi selama sistem pencernaan pakan oleh mikroba rumen ternak ruminansia, yang diekskresikan melalui napas, sendawa, dan cara lain (Beauchemin dkk., 2009).

Populasi ternak ruminansia di Indonesia pada tahun 2021 adalah 18.053.710 ekor, terdiri atas sapi potong 578.579 ekor, sapi perah 19.229.067 ekor, kambing 17.902.991 ekor domba, dan kerbau 1.189.260 ekor (Badan Pusat Statistik, 2022). Total emisi gas CH_4 dan N_2O yang dihasilkan ternak ruminansia di Indonesia adalah CH_4 enterik = 23,955 $GgCO_2$-e/tahun; CH_4 dari feses = 1,041 $GgCO_2$-e/tahun; dan N_2O dari feses = 3,137 $GgCO_2$-e/tahun, di mana produksi

Buku ini tidak diperjualbelikan.

GRK tertinggi dihasilkan sapi potong, yaitu 19,729 $GgCO_2$-e/tahun (Widiawati, 2013).

Faktor yang memengaruhi kuantitas emisi CH_4 enterik adalah karakteristik pakan, penggunaan pakan aditif, dan kondisi kesehatan hewan. Faktor kualitas dan asupan pakan paling berpengaruh terhadap produksi CH_4 enterik. Kualitas pakan yang baik akan menyebabkan tingkat kecernaan pakan yang lebih tinggi dan menghasilkan emisi CH_4 enterik yang lebih rendah sehingga menghasilkan produksi ternak lebih tinggi. Peningkatan asupan pakan yang berkualitas rendah menyebabkan CH_4 lebih banyak diproduksi.

Kotoran ternak juga berkontribusi terhadap emisi dalam bentuk emisi CH_4 dan N_2O. Dekomposisi anaerob bahan organik melepaskan CH_4 dan N_2O dilepaskan terutama dari dekomposisi amonia. Bahan organik dan kandungan nitrogen dalam kotoran ternak adalah dua komponen kimia yang dapat menyebabkan emisi N_2O selama penyimpanan dan proses pengomposan (Gerber dkk., 2013). Faktor-faktor yang memengaruhi emisi dari kotoran ternak adalah cara penyimpanan dan pengolahan, suhu udara, kelembapan, durasi pengelolaan limbah, dan kualitas pakan ternak. Emisi CH_4 lebih tinggi ketika kotoran diperlakukan dan disimpan dalam sistem cair, seperti kolam. Jika kotoran ditangani melalui sistem padat (misalnya disimpan di padang rumput) maka emisi N_2O akan lebih tinggi daripada CH_4 karena pembentukan N_2O membutuhkan kondisi aerobik dan anaerobik. Emisi N_2O terjadi apabila kotoran ternak pertama-tama diperlakukan secara aerobik untuk terjadinya proses nitrifikasi, selanjutnya proses dinitrifikasi secara anaerobik (Tadesse, 2015).

Kontribusi peternakan secara tidak langsung terhadap emisi GRK terkait dengan produksi pakan dan penggunaan lahan (Grossi dkk., 2019). Emisi yang terkait dengan produksi, pemrosesan, dan transportasi pakan menyumbang sekitar 45% dari emisi tidak langsung. Emisi dari proses produksi pakan terdiri atas CO_2, N_2O, dan CH_4. Emisi CO_2 muncul dari produksi pupuk dan pestisida untuk tanaman pakan, transportasi dan pemrosesan pakan, bahan bakar

Buku ini tidak diperjualbelikan.

yang digunakan dalam produksi, dan perubahan penggunaan lahan terkait. Emisi N_2O terutama berasal dari penggunaan pupuk dan aplikasi pupuk kandang, dengan sebagian kecil berasal dari budi daya tanaman pakan dari jenis leguminosa. Jumlah emisi CH_4 terkait proses produksi pakan jauh lebih kecil daripada emisi CO_2 dan N_2O. Beberapa hal berikut ini dapat dilakukan untuk memitigasi kenaikan emisi GRK di bidang peternakan di Indonesia, yaitu

1) Menggunakan *feed additive*, seperti antibiotik ionoforik, enzim, dan probiotik, dapat menurunkan emisi CH_4 (Herrero dkk., 2016).
2) Memanfaatkan bahan aktif beberapa jenis hijauan, seperti tanin dan polifenol, dapat menekan produksi gas CH_4 (Jayanegara dkk., 2009).
3) Memanfaatkan rumput laut (*Asparagopsis taxiformis*) dapat menurunkan produksi gas CH_4 68,9% dengan pemberian sebanyak 0,25% *A. taxiformis* dan lebih dari 80% pada pemberian 0,50% *A. taxiformis* dari total ransum (Roque dkk., 2021).
4) Meningkatkan kecernaan pakan melalui penyediaan hijauan berkualitas baik dan menambahkan pakan sumber energi (misalnya biji-bijian atau konsentrat) di dalam ransum (Herrero dkk., 2016).
5) Pengelolaan kotoran ternak dengan menyimpan pupuk kandang secara benar, memadatkan, dan menutupi kotoran di lahan (Herrero dkk., 2016). Pemanfaatan feses menjadi biogas dapat mengurangi gas CH_4 sampai 80% dari kotoran ternak (Setyanto dkk., 2011).
6) Meningkatkan penyerapan karbon tanah di lahan padang rumput dengan pengelolaan padang rumput yang baik berpotensi membalikkan kehilangan karbon tanah secara historis dan menyerap karbon dalam jumlah yang sangat besar di lahan padang penggembalaan (Setyanto dkk., 2011). Sebagian besar dari potensi penyerapan ini layak secara ekonomi karena dapat direalisasikan dengan menerapkan kegiatan yang meningkatkan produksi hijauan pakan ternak (Herrero dkk., 2016).

Buku ini tidak diperjualbelikan.

C. Dampak Perubahan Iklim terhadap Ternak Ruminansia

Perubahan iklim memiliki pengaruh yang signifikan terhadap ternak. Peningkatan suhu, pola curah hujan yang tidak teratur, meningkatnya intensitas dan frekuensi kekeringan dan banjir, dan perubahan lainnya memengaruhi kondisi lingkungan tempat hidup dan berkembang biaknya ternak. Pengaruh tersebut dapat berdampak terhadap ternak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Dampak langsung termasuk stres panas, penyebaran penyakit, dan ketersediaan pakan yang buruk. Sementara itu, dampak tidak langsung meliputi perubahan kualitas pakan, penyebaran penyakit vektor, gangguan ketersediaan air, serta perubahan dalam produktivitas dan kualitas pangan yang dapat mengancam keberlanjutan peternakan.

1. Dampak Langsung

Pada sapi perah, efisiensi produksi sangat tergantung kepada suhu, kelembapan, dan manajemen ternak. Induk sapi perah yang dipelihara pada kondisi dengan *temperature humidity index* (THI) yang lebih tinggi dapat menyebabkan angka keberhasilan kebuntingan (*service per conceptio,* S/C) yang lebih tinggi dan panjangnya waktu kosong induk. Pengaruh perubahan iklim, khususnya suhu dan kelembapan, memiliki pengaruh terhadap produksi dan kualitas susu sapi dalam hal lemak, protein, *solid non-fat*, dan *total solid* (Promket dkk., 2020). Sapi yang dipelihara di daerah dengan THI tinggi dapat mengakibatkan berkurangnya produksi dan menurunnya kualitas susu.

Pada sapi potong, kondisi iklim mikro memberikan perbedaan respons fisiologi sapi bali yang dipelihara secara penggemukkan pada ketinggian tempat berbeda, yaitu di daerah dataran rendah, sedang, dan tinggi (Nuriyasa dkk., 2015). Kondisi iklim mikro kandang dan respons fisiologi sapi yang dipelihara di daerah dataran rendah mempunyai perbedaan pertumbuhan dibandingkan dengan sapi penggemukkan di daerah dataran sedang dan tinggi (Nuriyasa dkk., 2015). Suhu yang lebih dingin membutuhkan energi tambahan untuk termoregulasi, yang berpotensi mengurangi energi yang tersedia untuk

Buku ini tidak diperjualbelikan.

pertumbuhan. Ketersediaan dan kualitas pakan juga dapat bervariasi antara daerah dataran rendah dan dataran tinggi, yang memengaruhi asupan nutrisi dan laju pertumbuhan ternak.

Dalam hal kesehatan hewan, peningkatan suhu memudahkan perkembangan mikroorganisme patogen dan parasit sehingga ternak lebih rentan terhadap serangan penyakit bahkan menyebabkan kematian. Menurut Stephen dan Soos (2021), perubahan iklim memengaruhi kesehatan ternak secara langsung dan tidak langsung. Dampak langsungnya adalah timbulnya penyakit yang ditularkan melalui vektor terkait tanah, air, hewan pengerat, suhu, dan kelembapan udara. Perubahan iklim memengaruhi munculnya dan proliferasi inang penyakit atau vektor/patogen serta perkembangan dan penularan penyakitnya. Peningkatan suhu dan curah hujan juga berdampak terhadap keamanan produk peternakan. Contohnya, peningkatan suhu akan menyebabkan cekaman panas pada sapi menyusui sehingga meningkatkan kerentanan terhadap infeksi mikroba pada pasokan susu (Feliciano dkk., 2020).

Dampak langsung perubahan iklim pada ternak dapat dikurangi dengan mengimplementasikan strategi adaptasi dan mitigasi yang tepat, seperti pengelolaan pakan yang berkelanjutan untuk memastikan ketersediaan pakan yang memadai dan berkualitas bagi hewan. Selain itu, perbaikan infrastruktur, seperti penyediaan akses air yang memadai dan perlindungan terhadap ekstrem suhu, juga menjadi bagian penting dalam mengurangi dampak tersebut. Penggunaan teknologi yang ramah lingkungan, seperti penggunaan energi terbarukan dan pengelolaan limbah yang efektif, juga dapat membantu mengurangi jejak karbon. Implementasi strategi adaptasi dan mitigasi ini harus didukung oleh kebijakan yang berpihak pada keberlanjutan sektor peternakan.

2. Dampak Tidak Langsung

Perubahan dan keragaman iklim secara tidak langsung memengaruhi pasokan pakan, seperti hijauan dan hasil samping pertanian, serta pada akhirnya akan berdampak terhadap aspek ekonomi. Produksi

Buku ini tidak diperjualbelikan.

pakan dipengaruhi oleh suhu, curah hujan, dan iklim. Iklim ekstrem akan menyebabkan penurunan produksi pakan hijauan. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang pengaruh perubahan iklim terhadap pasokan pakan ternak, kita dapat mengidentifikasi tantangan dan peluang dalam produksi ternak pada masa depan.

a, Ketersediaan dan Kualitas Pakan

Peningkatan suhu dan perubahan pola hujan mengganggu produktivitas lahan yang digunakan untuk produksi pakan. Suhu yang lebih tinggi dan curah hujan yang tidak teratur dapat mengurangi pertumbuhan tanaman pakan, seperti rumput, legum, dan gulma. Naqvi dkk. (2015) dan Harrison dkk. (2015) menjelaskan bahwa perubahan iklim memengaruhi keragaman vegetasi yang ada pada lahan pastura yang menyebabkan penurunan kualitas dan kuantitas pakan yang dihasilkan. Berdasarkan observasi sejak tahun 2000 hingga 2014, sebanyak 14 spesies tidak lagi ditemui pada lahan pastura di California. Tanaman yang hilang ialah jenis tanaman lokal yang biasa berkecambah pada musim dingin dan diperkirakan sangat sensitif terhadap kelembapan tanah.

Ketersediaan dan kualitas nutrien yang terkandung dalam pakan sangat penting untuk peningkatan bobot badan, produksi susu, serta reproduksi (Cheng dkk., 2022). Peningkatan suhu udara, terjadinya kekeringan, dan penurunan kualitas pakan dapat mengakibatkan terjadinya penurunan konsumsi pakan, yang selanjutnya akan menyebabkan kurangnya asupan nutrien, terutama asupan karbohidrat dan nitrogen yang larut dalam air (Hopkins & Del Prado, 2007). Lee dkk. (2017) menambahkan bahwa penurunan kualitas pakan berkorelasi positif dengan peningkatan kandungan lignin dalam tanaman pakan sehingga menurunkan nilai kecernaan dan meningkatkan emisi gas metana. Dampak jangka panjang dari penurunan kuantitas dan kualitas pakan adalah penurunan kinerja reproduksi dan meningkatnya ancaman serangan penyakit.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

b. Ketersediaan Air

Air merupakan kebutuhan pokok bagi seluruh makhluk hidup. Pertanian, termasuk di dalamnya peternakan, memanfaatkan sekitar 69% dari total penggunaan air tawar (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2016). Peternakan menggunakan air untuk minum, budi daya tanaman pakan, dan pengolahan produk (Thornton dkk., 2009). Peningkatan jumlah penduduk, pendapatan, permintaan produk peternakan, dan kelangkaan air menjadi kendala penting dalam sistem produksi. Sektor peternakan menyumbang sekitar 22% dari total penguapan dan transpirasi dari lahan pertanian global, serta 41% dari total penggunaan air yang dikonsumsi (Heinke dkk., 2020). Perubahan iklim akan memengaruhi ketersediaan dan penggunaan air untuk produksi ternak. Peningkatan suhu meningkatkan kebutuhan air per ekor ternak dan penggunaan air irigasi per luas lahan (Tully dkk., 2019). Oleh karena itu, diperlukan sistem produksi yang lebih efisien untuk mengatasi masalah kelangkaan air (Reynolds dkk., 2010).

c. Fluktuasi Suhu

Perubahan iklim yang ekstrem, seperti gelombang panas, mengakibatkan stres panas pada ternak. Suhu lingkungan melebihi batas normal (5–25°C) dan penurunan kelembapan relatif (RH) akan memengaruhi kemampuan ternak dalam mengatur suhu tubuhnya. Kondisi lingkungan yang paling ideal bagi sapi perah adalah suhu lingkungan antara 13–18°C dan kelembapan relatif antara 60%–70% (McDowell, 1972). Berdasarkan hubungan antara suhu lingkungan dan RH dikembangkan indeks suhu-kelembapan (THI).

Stres panas pada ternak perah (Gambar 8.1) dibagi menjadi tiga kategori utama, yaitu stres ringan (THI 72–79), sedang (THI 79–89), dan berat (THI > 89). Ternak yang mengalami stres ringan hingga sedang akan mengalami penurunan konsumsi pakan sebesar 3%–5% per derajat kenaikan suhu sehingga mengurangi produktivitas (Oldham, 2017). Ternak yang mengalami stress panas kategori berat dalam jangka lama akan mengalami peningkatan pernapasan,

Buku ini tidak diperjualbelikan.

	Kelembaban relatif (%)																				
^{0}C	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
23,39														72	72	73	73	74	74	75	75
26,67							72	72	73	73	74	74	75	76	76	77	78	78	79	79	80
29,44			72	72	73	74	75	75	76	77	78	78	79	80	81	81	82	83	84	84	85
32,22	72	73	74	75	76	77	78	79	79	80	81	82	83	84	85	86	86	87	88	89	90
35,00	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
37,78	77	78	79	80	82	83	84	85	86	87	88	90	91	92	93	94	95	97	98	99	
40,56	79	80	82	83	84	86	87	88	89	91	92	93	95	96	97						
43,33	81	83	84	86	87	89	90	91	93	94	96	97					Stres Ringan				
46,11	84	85	87	88	90	91	93	95	96	97							Stres Sedang				
48,89	88	88	89	91	93	94	96	98									Stres Berat				

Sumber: Wiersma dkk. (1984)

Gambar 8.1 Indeks Suhu dan Kelembapan Relatif untuk Sapi Perah

penurunan kesuburan, perubahan perilaku, serta penurunan sistem kekebalan dan endokrin sehingga hewan lebih rentan terhadap beberapa penyakit. Perubahan ini dapat memengaruhi kinerja ekonomi sistem produksi susu dan daging sapi serta bisa berujung pada kematian (Oldham, 2017).

C. Respons Fisiologis terhadap Perubahan Iklim

Respons fisiologis ternak ruminansia terhadap perubahan iklim merujuk pada perubahan yang terjadi dalam tubuhnya sebagai respons untuk dapat beradaptasi terhadap perubahan kondisi iklim sekitarnya. Beberapa contoh respons fisiologis tersebut meliputi perubahan suhu tubuh, perubahan dalam konsumsi pakan, perubahan dalam pencernaan, perubahan dalam produksi susu atau pertumbuhan, dan perubahan dalam sistem kekebalan tubuh.

1. Perubahan Suhu Tubuh

Ternak ruminansia dapat mengalami perubahan suhu tubuh sebagai respons terhadap suhu lingkungan yang berfluktuasi. Ternak ruminansia dapat mengatur suhu tubuhnya dengan mengubah laju

Buku ini tidak diperjualbelikan.

metabolisme melalui mekanisme termoregulasi, seperti berkeringat atau menggembungkan bulu. Perubahan respons termoregulasi ternak ruminansia perlu diketahui lebih lanjut agar dapat dicegah dan ditanggulangi sehingga tidak memengaruhi perubahan status fisiologis, kesehatan, serta produktivitas dari ternak (Rinca dkk., 2022).

Salah satu upaya untuk beradaptasi dengan kenaikan suhu tubuh ternak yang dilakukan peternak adalah dengan cara memandikan ternak dan desain kandang yang dibuat mempunyai sirkulasi udara yang baik. Pembuatan kandang dengan atap dari genteng tanah dan daun rumbia kering dapat mengurangi cekaman panas sehingga dapat mengurangi stres fisiologis ternak. Memodifikasi lingkungan kandang dilakukan untuk menciptakan kondisi mikroklimat kandang yang sesuai dengan zona nyaman untuk ternak (Mariana dkk., 2021). Selain itu, masyarakat mempunyai kebiasaan dalam pemilihan ternak yang akan dipelihara, seperti lebih suka dengan ternak lokal yang dapat beradaptasi dengan kondisi lingkungan di Indonesia. Kebiasaan yang berlaku di masyarakat ini disebut dengan *titen*.

2. Perubahan dalam Konsumsi Pakan

Ternak ruminansia cenderung mengubah pola makan sebagai respons kenaikan suhu tubuh ternak. Kenaikan suhu lingkungan menyebabkan peningkatan suhu tubuh dan frekuensi pernapasan ternak yang menyebabkan asupan dan produksi pakan berkurang (Astuti dkk., 2015). Perubahan suhu tubuh ruminansia dan frekuensi napas meningkat; konsumsi pakan dan bobot badan menurun; pelepasan energi dan keseimbangan tingkah laku terganggu; serta kadar glukosa darah berubah (Anton dkk., 2016).

3. Perubahan dalam Pencernaan

Suhu yang tinggi menyebabkan penurunan efisiensi pencernaan dan penyerapan nutrisi pada ternak ruminansia. Panas yang diperoleh ternak bisa berasal dari hasil metabolisme pakan dan suhu lingkungan. Suhu lingkungan yang tinggi akan memengaruhi beban panas yang

Buku ini tidak diperjualbelikan.

diterima terhadap perilaku makan berupa penurunan pakan yang tercerna. Suhu, kelembapan, dan kombinasi keduanya berdampak terhadap laju metabolisme dalam tubuh ruminansia. Makin tinggi suhu maka makin tinggi pula derajat korelasinya dengan metabolit antara dalam katabolisme glikogen untuk membentuk glukosa (Suwarno & Mushawwir, 2019).

4. Perubahan dalam Produksi Susu atau Pertumbuhan

Perubahan iklim dapat memengaruhi produksi susu dan pertumbuhan pada anak ternak ruminansia. Suhu yang ekstrem atau ketidaknyamanan termal dapat mengurangi produksi susu atau memperlambat pertumbuhan. Ternak ruminansia akan menghadapi keterbatasan dalam sumber daya penting untuk produksi, sebagai akibat dari perubahan iklim (Weindl dkk., 2015).

5. Perubahan dalam Sistem Kekebalan Tubuh

Peningkatan suhu dapat memengaruhi sistem imun ruminansia sehingga mungkin lebih rentan terhadap infeksi penyakit atau mengalami penurunan imunitas sebagai respons terhadap stres termal. Hal ini disebabkan oleh mekanisme adaptasi ternak yang tertekan secara langsung yang menyebabkan perubahan dalam penyebaran dan prevalensi penyakit hewan (Bett dkk., 2017). Perubahan suhu juga memicu sekresi hormon stres (termasuk kortisol) yang menekan respons imunologis, termasuk fungsi sel darah putih, yang menggeser interaksi inang-patogen yang berpotensi mempermudah penyebaran patogen penyakit (Dittmar dkk., 2014).

D. Penerapan Teknologi Adaptasi Perubahan Iklim pada Ternak Ruminansia

Perubahan iklim akan berpengaruh terhadap kompetisi sumber daya alam, kualitas pakan dan kuantitas, penyakit ternak, tekanan panas, dan hilangnya keanekaragaman hayati yang berdampak negatif pada produktivitas ternak. Dilaporkan tingkat kematian ternak akibat kekeringan yang terjadi di Somalia selalu meningkat dari tahun ke

Buku ini tidak diperjualbelikan.

tahun. Penurunan produktivitas dan kematian ternak merupakan kerugian ekonomi yang dirasakan peternak (Bogale & Erena, 2022; Cheng dkk., 2022). Penelitian lain di Tiongkok menunjukkan bahwa kenaikan suhu dalam jangka panjang memberikan dampak negatif pada pendapatan bersih peternak (Feng dkk., 2021). Dampak perubahan iklim terhadap produksi ternak berbeda antara skala kecil dan besar. Peternakan skala besar lebih rentan terhadap peningkatan suhu tahunan daripada skala kecil, yang tentunya dampak terhadap ekonomi akan lebih besar. Menurut Hempel dkk. (2019), cekaman panas menyebabkan penurunan produksi susu sapi sekitar 2,8 % di Eropa, dengan kerugian finansial di musim panas sebesar 5,4 % dari pendapatan bulanan.

Upaya yang dapat dilakukan dalam menghadapi perubahan iklim adalah dengan penerapan teknologi nutrisi dan manajemen pemeliharaan yang dapat membantu ternak dalam menghadapi perubahan iklim. Keberhasilan adopsi teknologi ini memerlukan kesadaran dan keterlibatan semua pihak untuk mendukung pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan. Selain itu, perlu adanya regulasi dan sosialisasi untuk meningkatkan pemahaman dan kesadaran semua pihak akan perubahan iklim. Sosialisasi dapat dilakukan pada berbagai kelompok umur, pendidikan, mulai dari organisasi terkecil, yaitu keluarga. Hal ini dilakukan agar perubahan iklim dapat diantisipasi serta aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi dapat berkelanjutan (Malihah, 2022). Berikut ini empat macam teknologi untuk mendukung adaptasi ternak terhadap perubahan iklim.

1. Genetik/*Breeding*

Pemanasan global memberikan dampak negatif terhadap sistem pencernaan, metabolisme, imunitas, hormonal, reproduksi, pertumbuhan ternak, serta kualitas daging dan susu yang dihasilkan. Tingkat toleransi ternak terhadap cekaman panas dan dampak negatif tersebut berbeda antara satu jenis ternak dan jenis ternak yang lain. Domba dan kambing (ruminansia kecil) memiliki kemampuan adaptasi yang lebih tinggi terhadap cekaman panas, kekurangan air, dan kelangkaan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

pakan dibandingkan ternak ruminansia besar, seperti sapi perah, sapi potong, dan kerbau (Joy dkk., 2020). Hal ini terkait dengan ukuran tubuh yang relatif kecil, kebutuhan air, dan pakan yang rendah, serta tingkat konversi pakan yang tinggi pada kambing dan domba (Silanikove & Koluman, 2015).

Selain jenis ternak, bangsa ternak juga menentukan tingkat adaptasi terhadap cekaman panas akibat perubahan iklim. Variasi genetik dalam respons cekaman panas menunjukkan bahwa *breed* ternak yang berukuran tubuh lebih kecil dan berwarna lebih terang biasanya lebih toleran terhadap cekaman panas (Hoffmann, 2013). Bangsa ternak yang dipelihara pada daerah tropis dan bangsa lokal lebih toleran terhadap cekaman panas dibandingkan dengan ternak yang dipelihara di daerah subtropis (Joy dkk., 2020). Archana dkk., (2018) melaporkan bahwa kambing lokal memiliki kemampuan adaptasi yang lebih baik terhadap *heat stress* dan pada suhu yang berbeda (THI 73,5–86,5 dan THI 69,9–74,9), kambing memperlihatkan pertumbuhan dan kualitas daging yang relatif sama.

Pemilihan komoditas ternak dan bangsa yang toleran terhadap cekaman panas merupakan salah satu pendekatan strategis yang dapat dilakukan dalam upaya adaptasi perubahan iklim. Program pemuliaan harus mulai berorientasi kepada pembentukan ternak dengan tingkat produksi yang tinggi dan toleran terhadap cekaman panas. Ternak dengan produksi yang tinggi akan memproduksi panas metabolik yang tinggi dan lebih rentan terhadap cekaman panas. Indonesia memiliki berbagai macam bangsa sapi, kambing, dan domba lokal yang berpotensi sebagai bangsa ternak harapan yang memiliki tingkat adaptasi tinggi terhadap cekaman panas. Pelestarian plasma nutfah ternak Indonesia, program seleksi, dan peningkatan populasi perlu terus dikembangkan untuk menyediakan bibit ternak dalam rangka pemenuhan pangan hewani nasional dalam kondisi pemanasan global yang intensitasnya meningkat dari hari ke hari.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

2. Lingkungan Tempat Pemeliharaan

Pengondisian lingkungan pemeliharaan ternak merupakan langkah awal yang bisa dilakukan dalam upaya membantu ternak beradaptasi dengan suhu lingkungan yang makin panas. Penyediaan naungan dan air minum yang cukup pada ternak yang digembalakan akan sangat membantu ternak beradaptasi terhadap cekaman panas. Penanaman pohon yang rindang dan penyediaan *sprinkle* air pada lahan pengembalaan sangat direkomendasikan untuk membantu ternak menurunkan suhu tubuhnya.

Kondisi kandang harus mempertimbangkan aliran udara, kestabilan suhu, dan kelembapan. Penanaman pohon di sekitar kandang dapat mempertahankan suhu kandang tetap nyaman. Ventilasi kandang diperlukan agar udara tersedia dalam jumlah yang cukup. Bahan bangunan menggunakan bahan yang sejuk dan tidak menyerap panas. Penyediaan kipas angin, AC, atau *cooling pad* dapat menjamin kenyamanan ternak. Kombinasi AC dan *cooling pad* diketahui memiliki performa terbaik dalam hal menurunkan tekanan panas (Schauberger dkk., 2019). Kandang modern dapat secara otomatis mengondisikan suhu dan kelembapan yang ideal untuk pertumbuhan dan produksi ternak. Kandang yang terintegrasi dengan sumber pakan hidroponik yang proses budi daya sampai pemberiannya kepada ternak dilakukan secara digital. Model kandang dan budi daya hijauan hidroponik ini sudah mulai dilakukan di beberapa negara maju.

3. Kesehatan dan Penyakit

Salah satu efek langsung perubahan iklim pada ternak adalah termoregulasi ternak, metabolisme, fungsi sistem imun, dan produksi. Peningkatan suhu dapat meningkatkan paparan dan kerentanan ternak terhadap parasit dan penyakit, terutama penyakit yang ditularkan melalui vektor. Pemahaman terhadap interaksi kompleks antara patogen, vektor, inang, dan iklim sulit dilakukan karena bersifat multivariat terhadap perubahan iklim dan ambang batas nonlinear dalam proses penyakit dan iklim (Henry dkk., 2012). Hal tersebut menyebabkan prediksi dampak perubahan iklim terhadap

Buku ini tidak diperjualbelikan.

penyakit sulit dicapai. Inovasi teknologi veteriner utama, yaitu teknologi diagnosis cepat, vaksin, obat, dan strategi penanggulangan penyakit hewan akibat perubahan iklim sangat diperlukan. Upaya antisipasi wabah penyakit hewan, *emerging* dan *re-emerging diseases*, *vector-borne diseases*, dan *transboundary diseases* akibat perubahan iklim perlu dilakukan. Yang dimaksud dengan *emerging diseases* adalah munculnya wabah penyakit baru yang sebelumnya belum ada, sedangkan *re-emerging diseases* adalah wabah penyakit yang muncul kembali setelah terjadinya penurunan karena adanya tindakan. Selanjutnya, yang dimaksud dengan *vector-borne diseases* adalah penyakit yang disebabkan oleh bakteri, virus, dan parasit yang disebarkan lewat *vector* atau inang. Kemudian, yang dimaksud dengan *transboundary diseases* adalah penyakit yang ditemukan di satu atau beberapa negara dan dengan mudah dapat berpindah ke negara lainnya. Pengendalian atau pencegahan paling baik menurut Dharmayanti (2020) adalah melalui pendekatan kesehatan masyarakat terpadu, kedokteran hewan, *animal management*, dan ekologi dengan melakukan hal-hal sebagai berikut.

1) Pencegahan dan penanggulangan penyakit zoonosis memerlukan upaya multidisiplin dengan kolaborasi antara Kementerian Kesehatan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, dan Kementerian Pertanian.
2) Perlu pemahaman hubungan antara perubahan lingkungan, dinamika satwa liar, hewan domestik, dan populasi manusia. Selanjutnya, dinamika mikroba dapat digunakan untuk meramalkan risiko infeksi pada manusia akibat zoonosis pada masa mendatang.
3) Mengetahui dinamika patogen zoonosis pada reservoir satwa liar dapat membantu menciptakan sistem peringatan dini untuk memperingatkan pihak berwenang tentang risiko wabah yang mungkin terjadi pada ternak atau manusia.
4) Melakukan surveilans penyakit hewan secara rutin.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

4. Integrasi Tanaman dan Ternak

Integrasi tanaman dengan ternak adalah salah satu cara adaptasi pada perubahan iklim dengan konsep *zero waste*, yaitu pemanfaatan dan penyediaan pakan yang berasal dari *by-product* tanaman dan pemanfaatan dan penyediaan pupuk kompos dari kotoran ternak. Sistem integrasi ini memberikan manfaat pada peningkatan kesuburan tanah, peningkatan produksi tanaman akibat pemberian sumber nutrisi organik yang optimal, peningkatan produksi ternak akibat pemenuhan kebutuhan pakan, peningkatan penyerapan karbon dalam siklus sistem, dan penurunan gas rumah kaca dalam sistem tersebut (Homann-Kee Tui dkk., 2020).

Integrasi tanaman dengan ternak dapat dikelompokkan dalam dua model, yakni integrasi tanaman pangan dengan ternak dan integrasi tanaman agroindustri dengan ternak. Integrasi tanaman pangan dengan ternak dapat dilakukan melalui penyediaan pakan dari limbah tanaman pangan (jerami padi, jerami ubi jalar, batang jagung), maupun dengan *intercropping system*, yaitu dengan menggembalakan ternak di kebun tanaman pangan yang terintegrasi dengan legum pohon perdu (*Gliricidia*/gamal, *Indigofera*, *Leuchaena*/lamotor, *Caliandra*/kaliandra). Sementara itu, integrasi tanaman agroindustri dengan ternak, dikenal dengan silvopastur, dapat dilakukan dengan menggembalakan ternak di lahan perkebunan, seperti kelapa sawit dan karet. Dalam sistem integrasi silvopastur ini, ternak yang digembalakan dapat memanfaatkan tegakan pohon sebagai tempat bernaung pada suhu dan lingkungan yang panas. Keberadaan tegakan pohon dapat menurunkan suhu di sekitar ternak sehingga ternak dapat terhindar dari stres akibat peningkatan suhu bumi.

E. Upaya Peningkatan Kepedulian Peternak terhadap Perubahan Iklim

Sektor peternakan merupakan salah satu sektor yang berkontribusi pada perubahan iklim melalui emisi GRK dalam bentuk CH_4, N_2O, dan CO_2 (Syarifah & Widiawati, 2017). Upaya untuk memitigasi dampak perubahan iklim membutuhkan dukungan dari berbagai

Buku ini tidak diperjualbelikan.

pihak, mulai dari pemerintah sampai dengan masyarakat luas (Khatibi dkk., 2021). Keterlibatan peternak untuk berperan aktif dalam upaya mitigasi dampak perubahan iklim merupakan salah satu faktor penentu keberhasilan upaya mitigasi tersebut.

Beberapa studi tentang persepsi peternak terhadap perubahan iklim melaporkan bahwa peternak menyadari bahwa perubahan iklim saat ini sedang terjadi (Petersen-Rockney, 2022). Persepsi tentang perubahan iklim ini sebagian besar dipengaruhi oleh seberapa besar dampak perubahan iklim yang dialami oleh peternak (Rondhi dkk., 2019). Studi tentang persepsi peternak terhadap perubahan iklim oleh Abbas dkk. (2019) mendapati bahwa bagi peternak sapi perah, salah satu dampak perubahan iklim yang sangat memengaruhi produksi susu adalah terjadinya kekeringan. Hal ini terkait dengan ketersediaan hijauan pakan ternak dan air. Hal yang sama dilaporkan oleh Montcho dkk. (2022), makin panjangnya periode musim kering dan makin meningkatnya suhu sangat memengaruhi produksi susu. Studi Kimaro dkk. (2018) pada sistem pemeliharaan sapi potong secara ekstensif menunjukkan bahwa dampak dari perubahan iklim yang memengaruhi produktivitas sapi potong bagi peternak adalah curah hujan yang tidak menentu dengan frekuensi yang makin berkurang serta kenaikan suhu dan periode kekeringan yang berkepanjangan.

Umumnya, peternak telah mengetahui dampak negatif dari perubahan iklim terhadap usaha ternaknya. Selanjutnya, tinggal bagaimana mengedukasi dan mengajak peternak agar memiliki kepedulian terhadap perubahan iklim. Kepedulian ini dapat dilakukan melalui usaha-usaha untuk mengatasi dampak perubahan iklim sekaligus melakukan aktivitas yang dapat mengurangi emisi GRK yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan iklim.

Adaptasi terhadap perubahan iklim tidak hanya difokuskan kepada ternak saja, tetapi perlu dilakukan pula oleh peternak. Kepedulian peternak dapat diwujudkan melalui upaya untuk mengurangi dampak negatif dari perubahan iklim dan upaya untuk menangani dampak dari terjadinya perubahan iklim. Beberapa upaya yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

1) Edukasi dan pelatihan, yaitu mengadakan pelatihan dan penyuluhan kepada peternak untuk meningkatkan pengetahuan mengenai dampak limbah peternakan yang tidak terolah terhadap lingkungan, jenis-jenis limbah peternakan, alternatif produk yang dapat dihasilkan dari pengelolaan limbah, dan teknologi pengolahan limbah peternakan (Mayasari dkk., 2020).
2) Program pengabdian masyarakat, yaitu program pendampingan yang dilaksanakan oleh lembaga pemerintahan/swasta yang bertujuan untuk penyebarluasan teknologi ramah lingkungan, di antaranya (a) pengolahan limbah pertanian menjadi bahan pakan berkualitas; (b) pengelolaan limbah kotoran ternak menjadi pupuk dasar untuk penanaman pohon; dan (c) pengelolaan lahan kering melalui penanaman berbagai hijauan pakan ternak adaptif lahan kering. Program ini dapat diperluas untuk mewujudkan desa yang hijau, masyarakat yang ramah lingkungan, dan memberikan contoh yang baik untuk desa lainnya (Kholidi dkk., 2023).
3) Teknologi hijau, yaitu penggunaan teknologi dan ilmu pengetahuan untuk menciptakan produk dan layanan yang ramah lingkungan. Misalnya, pengelolaan limbah peternakan dengan pembuatan pupuk organik cair dari limbah urine dan pupuk kompos padat dari feses ternak. Hal ini dapat memberikan nilai tambah kepada peternak dan mendukung pertanian ramah lingkungan berkelanjutan (Mariyam dkk., 2016).
4) Penerapan praktik berkelanjutan, yaitu mendorong peternak untuk menerapkan praktik peternakan berkelanjutan. Dalam hal ini, limbah/hasil samping dari usaha yang satu digunakan sebagai input pada usaha lainnya. Misalnya, kotoran ternak yang diolah menjadi pupuk organik selanjutnya digunakan untuk penanaman hijauan pakan ternak unggul (Malalantang dkk., 2018).
5) Penerapan energi bersih, yaitu pengolahan limbah ternak menjadi energi bersih melalui penggunaan biogas. Selain dapat menciptakan kemandirian masyarakat pedesaan dalam memenuhi

Buku ini tidak diperjualbelikan.

kebutuhan energi, hasil samping dari biogas berupa *sludge biogas* atau *bio-slurry* dapat digunakan untuk meningkatkan pendapatan peternak. Beberapa produk *sludge biogas* yang bernilai ekonomi tinggi, antara lain media jamur tiram, media cacing (*vermicompost*), pupuk kompos, dan *biochar*. Konsep ini mendukung kemandirian energi dan pangan dari skema peternakan terintegrasi dengan *zero waste* atau *circular economy*.

6) Penelitian dan inovasi, yaitu mendorong penelitian dan inovasi dalam pengembangan solusi berkelanjutan untuk sektor peternakan, melalui penyediaan pakan berkualitas dan pemanfaatan limbah ternak sebagai energi terbarukan. Penyediaan pakan berkualitas dapat dilakukan dengan teknologi nutrisi untuk mengurangi produksi metana, yaitu dengan manipulasi ransum, penggunaan pakan aditif atau pakan suplemen, dan intervensi bioteknologi. Peningkatan proporsi konsentrat dan penurunan proporsi serat dalam diet dapat mengurangi produksi metana. Beberapa bahan pakan tambahan yang dapat digunakan adalah lipid, antibiotik, dan ekstrak tumbuhan. Penggunaan daun dari tumbuhan yang mengandung tanin dan saponin juga menjadi pilihan yang menjanjikan. Beberapa intervensi bioteknologi, antara lain melalui penambahan probiotik, defaunasi, introduksi asetogenesis reduktif ke dalam rumen (Jayanegara, 2008), produksi biogas (Astuti dkk., 2013), dan biogas sebagai pengganti LPG (Naimah dkk., 2022).

G. Kebijakan Pemerintah dalam Mengatasi Dampak Perubahan Iklim

Pemerintah memberikan perhatian besar dalam aksi penanganan dampak perubahan iklim terhadap kehidupan manusia yang dirasakan secara langsung maupun tidak langsung. Aksi nyata pemerintah dalam hal ini adalah dengan mengeluarkan beberapa kebijakan (Empat kebijakan pemerintah, 2021), di antaranya sebagai berikut.

1) Pemerintah mengajak pihak swasta pada semua sektor termasuk pelaku usaha peternakan untuk bergotong-royong menyediakan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

pendanaan yang diperlukan untuk mencegah terjadinya peningkatan emisi GRK dan mengatasi dampak perubahan iklim. Kebijakan ini dituangkan dalam bentuk *Climate Change Fiscal Framework* (CCFF).

2) Pemberlakuan pembayaran biaya atas dampak pencemaran yang ditimbulkan oleh para pelaku usaha peternakan dan usaha lainnya guna mendukung penyediaan pangan dunia yang berkelanjutan. Hal ini dituangkan dalam kebijakan *carbon pricing* atau nilai ekonomi karbon (NEK).
3) Pemerintah mendorong upaya penggunaan energi terbarukan untuk menyubstitusi penggunaan bahan bakar batu bara melalui kebijakan *Energy Transition Mechanism* (ETM). Pemanfaatan kotoran ternak untuk produksi biogas sebagai pengganti gas elpiji dan energi listrik merupakan wujud nyata sektor peternakan dalam pelaksanaan kebijakan ini.
4) Aksi nyata antisipasi dampak perubahan iklim dari pemerintah adalah kebijakan *pooling fund* bencana, di mana setiap daerah diminta menghitung biaya yang diperlukan untuk mengantisipasi timbulnya bencana agar kehidupan manusia dan produksi pangan tidak terganggu. Pemenuhan kebutuhan dana tersebut dilakukan melalui kerjasama antara pemerintah pusat dan daerah.
5) Pemberian insentif kepada peternak yang menggunakan teknologi yang mampu menurunkan emisi gas rumah kaca. Bentuk insentif berupa pembangunan instalasi biogas, penanaman hijauan pakan ternak, pemotongan ternak sesuai berat potong, serta percepatan umur ternak pertama kali dikawinkan (Henry dkk., 2012)

H. Penutup

Dampak perubahan iklim mulai dirasakan oleh ternak dan pelaku usaha peternakan di mana telah terjadi penurunan produktivitas ternak sebagai dampak langsung maupun tidak langsung dari

Buku ini tidak diperjualbelikan.

perubahan iklim. Hal yang dapat dilakukan oleh ternak dan pelaku usaha peternakan adalah beradaptasi dengan perubahan lingkungan sekitarnya. Kesadaran dan peran aktif dari pelaku usaha peternakan sangat diperlukan untuk dapat mengondisikan ternaknya agar dapat beradaptasi dengan lingkungan baru dan berproduksi dengan baik. Penerapan sistem peternakan yang ramah lingkungan dapat membantu upaya mengurangi sumbangan gas rumah kaca dari sektor peternakan yang menyebabkan terjadinya pemanasan global dan di lain pihak dapat membantu ternak dalam beradaptasi terhadap perubahan iklim. Dukungan dari pemerintah daerah maupun pusat sangat diperlukan baik dalam bentuk kebijakan maupun program-program yang mendukung usaha peternak untuk mewujudkan system peternakan yang adaptif dan ramah lingkungan.

Referensi

Abbas, Q., Han, J., Adeel, A., & Ullah, R. (2019). Dairy production under climatic risks: Perception, perceived impacts and adaptations in Punjab, Pakistan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *16*(20), 4036. https://doi.org/10.3390/ijerph16204036

Kholidi, A. K., Iqbal, L. M., Faizun, A., & Masdani. (2023). Program pendidikan pemanfaatan limbah pertanian dan peternakan dalam mewujudkan green village di Montong Sapah, Kabupaten Lombok Tengah, NTB. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia (JAMSI)*, *3*(1), 349–354.

Anton, A., Kasip, L. M., Pribadi, L. W., Depamede, S. N., & Asih, A. R. S. (2016). Perubahan status fisiologis dan bobot badan sapi bali bibit yang diantarpulaukan dari Pulau Lombok ke Kalimantan Barat. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan Indonesia, 2*(1), 86–95.

Archana, P. R., Sejian, V., Ruban, W., Bagath, M., Krishnan, G., Aleena, J., Manjunathareddy, G. B., Beena, V., & Bhatta, R. (2018). Comparative assessment of heat stress induced changes in carcass traits, plasma leptin profile and skeletal muscle myostatin and HSP70 gene expression patterns between indigenous Osmanabadi and Salem Black goat breeds. *Meat Science, 141*, 66–80. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.03.015

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Astuti, A., Erwanto, & Santosa, P. E. (2015). Pengaruh cara pemberian konsentrat-hijauan terhadap respon fisiologis dan performa sapi peranakan Simmental. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu, 3*(4), 201–207.

Astuti, N., Soeprobowati, T. R., & Budiyono. (2013). Produksi Biogas dari enceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) dan limbah ternak sapi di Rawa Pening. Dalam *Prosiding seminar nasional X Pendidikan Biologi FKIP UNS*.

Badan Ketahanan Pangan. (2021). Direktori perkembangan konsumsi pangan. https://ditjenpkh.pertanian.go.id/uploads/download/3e8f561f9e61f478b634605ccf1effb4.pdf

Beauchemin, K. A., McAllister, T. A., & McGinn, S. M. (2009). Dietary mitigation of enteric methane from cattle. *CABI reviews*. https://doi.org/10.1079/PAVSNNR20094035

Bernabucci, U. (2019). Climate change: Impact on livestock and how can we adapt. *Animal Frontiers, 9*(1), 3–5. https://doi.org/10.1093/af/vfy039

Bett, B., Kiunga, P., Gachohi, J., Sindato, C., Mbotha, D., Robinson, T., Lindahl, J., & Grace, D. (2017). Effects of climate change on the occurrence and distribution of livestock diseases. *Preventive Veterinary Medicine, 137*, 119–129.

Bogale, G. A., & Erena, Z. B. (2022). Drought vulnerability and impacts of climate change on livestock production and productivity in different agro-ecological zones of Ethiopia. *Journal of Applied Animal Research, 50*(1), 471–489, https://doi.org/10.1080/09712119.2022.2103563

Badan Pusat Statistik. (2020). *Peternakan dalam angka 2020*. https://www.bps.go.id/publication/2020/06/10/93c6d3265760176e2a87c8cf/peternakan-dalam-angka-2020.html

Badan Pusat Statistik. (2022). *Peternakan dalam angka 2022*. https://www.bps.go.id/publication/2022/06/30/4c014349ef2008bea02f4349/peternakan-dalam-angka-2022.html

Caro, D., Davis, S. J., Bastianoni, S., & Caldeira, K. (2014). *Climatic Change*, *126*, 203–216. https://doi.org/10.1007/s10584-014-1197-x

Cheng, M., McCarl, B., & Fei, C. (2022). Climate change and livestock production: A literature review. *Atmosphere*, 13(1), 140. https://doi.org/10.3390/atmos13010140

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Dharmayanti, N. L. P. I. (2020). Mewaspadai dan merespons zoonosis emerging and re-emerging infectious disease. Dalam *Prosiding seminar nasional teknologi peternakan dan veteriner* (8–13). http://dx.doi.org/10.14334/Pros.Semnas.TPV-2020-p.8-13

Dittmar, J., Janssen, H., Kuske, A., Kurtz, J., & Scharsack, J. P. (2014). Heat and immunity: an experimental heat wave alters immune functions in three-spined sticklebacks (Gasterosteus aculeatus). *Journal of Animal Ecology, 83*, 744–757. https://doi.org/10.1111/1365-2656.12175

Empat kebijakan pemerintah untuk perubahan iklim. (2021). Merdeka.com. https://www.merdeka.com/uang/empat-kebijakan-pemerintah-untuk-perubahan-iklim.html

Promket, D., Kenchaiwong, W., & Ruangwittayanusorn, K. (2020). Effects of climate change on milk yield and milk composition in Thai crossbred holstein cows. *International Journal of Geomate, 18*(67), 108–113. https://doi.org/10.21660/2020.67.5807

Feliciano, R. J., Boué, G., & Membré, J.-M. (2020). Overview of the potential impacts of climate change on the microbial safety of the dairy industry. *Foods, 9*(12), 1794. https://doi.org/10.3390/foods9121794

Feng, X., Qiu, H., Pan, J., & Tang, J. (2022). The impact of climate change on livestock production in pastoral areas of Tiongkok. *Science of The Total Environment*, *770*, Article 144838. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144838

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). *AQUASTAT - FAO's global information system on water and agriculture*.

Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., & Tempio, G. (2013). *Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Grossi, G., Goglio, P., Vitali, A., & Williams, A. G. (2019). Livestock and climate change: Impact of livestock on climate and mitigation strategies. *Animal Frontiers, 9*(1), 69–76.

Harrison, S. P., Gornish, E. S., & Copeland, S. (2015). Climate-driven diversity loss in a grassland community. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *112*(28), 8672–8677.

Heinke, J., Lannerstad, M., Gerten, D., Havlík, P., Herrero, M., Notenbaert, A. M. O., Hoff, H., & Müller, C. (2020). Water use in global livestock production—Opportunities and constraints for increasing water productivity. *Water Resources Research*, *56*(12).

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Hempel, S., Menz, C., Pinto, S., Galán, E., Janke, D., Estellés, F., Müschner-Siemens,T., Wang, X., Heinicke, J., Zhang, G., Amon, B., del Prado, A., & Amon, T. (2019). Heat stress risk in European dairy cattle husbandry under different climate change scenarios – uncertainties and potential impacts. *Earth System Dynamics*, *10*(4), 859–884. https://doi.org/10.5194/esd-10-859-2019

Henry, B., Charmley, E., Eckard, R., Gaughan, J. B., & Hegarty, R. (2012). Livestock production in a changing climate: adaptation and mitigation research in Australia. *Crop & Pasture Science, 63*, 191–202. https://doi.org/10.1071/CP11169

Herrero, M., Henderson, B., Havlík, P., Thornton, P. K., Conant, R. T., Smith, P., Wirsenius, S., Hristov, A. N., Gerber, P., Gill, M., Butterbach-Bahl, K., Valin, H., Garnett, T., & Stehfest, E. (2016). Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector. *Nature Climate Change, 6,* 452–461. https://doi.org/10.1038/nclimate2925

Hoffmann, I. (2013). Adaptation to climate change–exploring the potential of locally adapted breeds. *Animal, 7*, 346–362.

Homann-Kee Tui, S., Valdivia, R. O., Descheemaeker, K., Senda, T., Masikati, P., Makumbe, M. T., & van Rooyen, A. F. (2020). Crop-livestock integration to enhance ecosystem services in sustainable food systems. Dalam L. Rusinamhodzi (Ed.), *The role of ecosystem services in sustainable food systems* (141–169). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816436-5.00008-1

Hopkins, A., & Del Prado, A. (2007). Implications of climate change for grassland in Europe: impacts, adaptations and mitigation options: a review. *Grass and Forage Science*, *62*(2), 118–126.

Jayanegara, A. (2008). Reducing methane emissions from livestock: nutritional approaches. Dalam P*roceedings of Indonesian Students Scientific Meeting (ISSM), Institute for Science and Technology Studies (ISTECS) European Chapter* (18–21).

Jayanegara, A., Makkar, H. P. S., & Becker, K. (2009). Emisi metana dan fermentasi rumen in vitro ransum hay yang mengandung tanin murni pada konsentrasi rendah. *Media Peternakan, 32*(3), 184–194.

Joy, A., Dunshea, F. R., Leury, B. J., Clarke, I. J., DiGiacomo, K., & Chauhan, S. S. (2020). Resilience of small ruminants to climate change and increased environmental temperature: A review. *Animals*, *10*(5), 867.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021). *Laporan inventarisasi gas rumah kaca dan monitoring, pelaporan verifikasi*.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Khatibi, F. S., Dedekorkut-Howes, A., Howes, M., & Torabi, E. (2021). Can public awareness, knowledge and engagement improve climate change adaptation policies? *Discover Sustainability, 2*, Article 18. https://doi.org/10.1007/s43621-021-00024-z

Kimaro, E. G., Mor, S. M., & Toribio, J.-A. L. M. L. (2018). Climate change perception and impacts on cattle production in pastoral communities of northern Tanzania. *Pastoralism: Research, Policy and Practice*, *8*, Article 19 (2018). https://doi.org/10.1186/s13570-018-0125-5

Naimah, K., Zen, M. R., Arirohman, I. D., Fahmi, A. G., Handayani, K. Y., Khanafi, M., Hadi, F. S., Julio, A., Simanjuntak, H., & Muslimah, S. (2022). Produksi dan manajemen energi biogas dari kotoran sapi sebagai pengganti LPG di Kampung Totokaton, Lampung Tengah. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia (JAMSI), 2*(6), 1923–1932.

Lee, M. A., Davis, A. P., Chagunda, M. G. G., & Manning, P. (2017). Forage quality declines with rising temperatures, with implications for livestock production and methane emissions. *Biogeosciences, 14*, 1403–1417.

Malalantang, S. S., Tamod, Z. E., Rumambi, A., Waani, M. R., & Pontoh, C. J., (2018). Pengolahan limbah pertanian tanaman jagung pada kelompok tani Kobatunan dan Sukamaju Desa Mundung. *Pastura, 8*(1), 26–28.

Malihah, L. (2022). Tantangan dalam upaya mengatasi dampak perubahan iklim dan mendukung pembangunan ekonomi berkelanjutan: sebuah tinjauan. *Jurnal Kebijakan Pembangunan, 17*(2), 219–232.

Mariana, E., Allaily, A., & Latif, H. (2021). Modifikasi lingkungan dan manajemen pakan untuk mengatasi cekaman panas pada kambing perah di Gampong Lamlumpu Kecamatan Peukan Bada, Kabupaten Aceh Besar (Environmental modifications and feed management to cope heat stress of dairy goat in Lamlumpu Village, Peukan Bada Sub-District, Aceh Besar District). *Buletin Pengabdian*, *1*(3).

Mariyam, Muliani, S., Kadir, M., & Nurlaila. (2016). Reduksi pencemaran limbah ternak sapi dengan pengolahan menjadi pupuk organik untuk mendukung Go-Organik di Desa Gona Kecamatan Kajuara Kabupaten Bone Sulawesi Selatan. *Jurnal Dinamika Pengabdian, 2*(1), 54–63.

McDowell, R. E. (1972). *Improvement of livestock production in warm climates.* W. H. Freeman and Company.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Montcho, M., Padonou, E. A., Montcho, M., Mutua, M. N., & Sinsin, B. (2022). Perception and adaptation strategies of dairy farmers towards climate variability and change in West Africa. *Climatic Change*, *170*, Article 38 (2022). https://doi.org/10.1007/s10584-022-03311-4

Naqvi, S. M. K., Kumar, D., De, K., & Sejian, V. (2015). Climate change and water availability for livestock: Impact on both quality and quantity. Dalam V. Sejian, J. Gaughan, L. Baumgard, & C. Prasad (Ed.), *Climate change impact on livestock: Adaptation and mitigation* (81–96). Springer.

Mayasari, M., Firmansyah, I., & Ismiraj, M. R. (2020). Penyuluhan Teknik Pengolahan Limbah Peternakan Sapi Potong di Kelompok Peternak Putra Nusa, Desa Kondangdjaja, Kecamatan Cijulang, Kabupaten Pangandaran. *Dharmakarya: Jurnal Aplikasi Ipteks untuk Masyarakat, 9*(3), 194–198.

Nuriyasa, I. M., Dewi, G. A. M. K., & Budiari, N. L. G. (2015). Indeks kelembaban suhu dan respon fisiologi sapi bali yang dipelihara secara feed lot pada ketinggian berbeda. *Majalah Ilmiah Peternakan, 18*(1), 5–10.

Oldham, J. D. (2017). The ruminant nutrition system: An applied model for predicting nutrient requirements and feed utilization in ruminants. *The Journal of Agricultural Science*, *155*(7), 1188–1189.

Petersen-Rockney, M. (2022). Farmers adapt to climate change irrespective of stated belief in climate change: a California case study. *Climatic Change, 173*, 23. https://doi.org/10.1007/s10584-022-03417-9

Reynolds, C., Crompton, L., & Mills, J. (2010). Livestock and climate change impacts in the developing world. *Outlook on Agriculture, 39*(4), 245–248.

Rinca, K. F., Mubdi, R., Kristanto, D., Putra, I. P. C., Luju, M. T., Bollyn, Y. M. F., & Gultom, R. (2022). Faktor resiko yang mempengaruhi respon termoregulasi ternak ruminansia. *Jurnal Peternakan Indonesia (Indonesian Journal of Animal Science), 24*(3), 304–314.

Rondhi, M., Khasan, A. F., Mori, Y., & Kondo, T. (2019). Assessing the role of the perceived impact of climate change on national adaptation policy: The case of rice farming in Indonesia. *Land*, *8*(5), 81. https://doi.org/10.3390/land8050081

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Roque, B. M., Venegas, M., Kinley, R. D., de Nys, R., Duarte, T. L., Yang, X., & Kebreab, E. (2021). Red seaweed (*Asparagopsis taxiformis*) supplementation reduces enteric methane by over 80 percent in beef steers. PLoS One, 16, Article e0247820. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247820

Schauberger, G., Mikovits, C., Zollitsch, W., Hörtenhuber, S. J., Baumgartner, J., Niebuhr, K,, Piringer, M., Knauder, W., Anders, I., Andre, K., Hennig-Pauka, I., & Schönhart, M. (2019). Global warming impact in confined livestock buildings: Efficacy of adaptation measures to reduce heat stress for growing-fattening pigs. *Climatic Change, 156*, 567–587. https://doi.org/10.1007/s10584-019-02525-3

Setyanto, P., Susanti, E., Las, I., Amien, I., Makarim, A. K., Nusyamsi, D., Rubiyo, Anwar, K., Widarto, H. T., Rejekiningrum, P., Surmaini, E., Estiningtyas, W., Suciantini, Pujilestari, N., Sutarya, R., Harmanto, Miranti, Hamdani, A., Sukarman, …, Thalib, A. (2011). *Pedoman umum inventarisasi gas rumah kaca dan mitigasi perubahan iklim sektor pertanian.* Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.

Silanikove, N., & Koluman, N. (2015). Impact of climate change on the dairy industry in temperate zones: Predictions on the overall negative impact and on the positive role of dairy goats in adaptation to earth warming. *Small Ruminant Research, 123*, 1, 27–34. doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.11.005

Stephen, C., & Soos, C. (2021). The implications of climate change for Veterinary Services. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, *40*(2), 1–17. https://doi.org/10.20506/rst.40.2.3234.

Suwarno, N., & Mushawwir, A. (2019). Model prediksi metabolit melalui jalur glikogenolisis berdasarkan fluktuasi mikroklimat lingkungan kandang sapi perah. *Jurnal Ilmu dan Industri Peternakan, 5*(2), 97–107.

Swanepoel, F., Stroebel, A., & Moyo, S. (2010). *The role of livestock in developing communities: Enhancing multifunctionality*. University of the Free State and CTA. https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/3003

Syarifah, I., & Widiawati, Y. (2017). Profil emisi gas rumah kaca dari sapi potong di 34 provinsi menggunakan metode Tier-2. Dalam *Prosiding seminar nasional teknologi peternakan dan veteriner 2017* (280–291). IAARD Press.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Tadesse, M. (2015). *GHG emission assessment guideline: Volume III: Guideline on data collection and estimation of GHG emission from livestock and manure management*. Ministry of Agriculture, Federal Democratic Republic of Ethiopia.

Thornton, P. K., van de Steeg, J., Notenbaert, A., & Herrero, M. (2009). The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know. *Agricultural Systems, 101*, 113–127.

Tully, K., Gedan, K., Epanchin-Niell, R., Strong, A., Bernhardt, E. S., Bendor, T., Mitchell, M., Kominoski, J., Jordan, T. E., Neubauer, S. C., & Weston, N. B. (2019). The invisible flood: The chemistry, ecology, and social implications of coastal saltwater intrusion. *BioScience, 69*(5), 368–378.

Weindl, I., Lotze-Campen, H., Popp, A., Müller, C., Havlík, P., Herrero, M., & Rolinski,

S. (2015). Livestock in a changing climate: production system transitions as an adaptation strategy for agriculture. *Environmental Research Letters, 10*(9), Article 094021.

Widiawati, Y. (2013). Estimation of methane emission from enteric fermentation and manure management of domestic livestock in Indonesia. Dalam *Proceedings of the 5th greenhouse gasses and animal agriculture conference*. Cambridge University Press. https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/8CE9B35EE62DB2092EAD3FC6B41B9CDE/S2040470013000101a.pdf/poster_presentations_monday.pdf

Wiersma, F., Armstrong, D. V., Welchert, W. T., & Lough, D. G. (1984). Housing system for dairy production under warm weather condition. *World Animal Review, 50,* 16–23.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Bab 9

Kearifan Lokal dan Ekosofi (Ekologi Filosofi) untuk Perubahan Pesantren Menuju Penyelamatan Lingkungan

Darlina Kartika Rini

A. Pesantren Pertanian untuk Adaptasi Perubahan Iklim

Pesantren diharapkan menghasilkan pemimpin, panutan, dan guru (ustaz/ustazah) yang terjun ke masyarakat untuk mendidik masyarakat dan lingkungan sekitarnya. Para alumni santri, selain berprofesi sebagai ustaz/ustazah dan tokoh agama, diharapkan mampu menggarap lahan pertanian dan melakukan usaha pertanian. Menurut Wahab (2004), pesantren pertanian seharusnya menghasilkan agen perubahan sebagai tokoh panutan yang kembali ke masyarakat untuk berperan serta dalam pembangunan pertanian di perdesaan. Pesantren berpotensi besar dalam mengembangkan aspek ekologi dan ekonomi, terutama melalui bidang pertanian, selain sebagai lem-

D. K. Rini
Sekolah Tinggi Ilmu Tarbiyah Sirojul Falah, e-mail: darlinakartikarini@gmail.com

© 2023 Editor & Penulis
Rini, D. K. (2023). Kearifan lokal dan ekosofi untuk perubahan sosial pesantren menuju penyelamatan lingkungan. Dalam Elza Surmaini, Lilik Slamet Supriatin, & Yeli Sarvina (Ed.), *Teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim* (233–262). Penerbit BRIN.
DOI: 10.55981/brin.901.c724, E-ISBN: 978-623-8372-46-1

Buku ini tidak diperjualbelikan.

baga pendidikan keagamaan. Pesantren pertanian sebagai lembaga pendidikan menekankan pada pendidikan keislaman dan membangun kemandirian melalui usaha pertanian perlu memperhatikan keseimbangan agroekosistem untuk ketahanan terhadap dampak perubahan iklim. Menurut Amaliah dkk. (2015), nilai-nilai Islam yang diajarkan di pesantren memberikan penguatan dan dampak positif bagi kualitas agen perubahan. Ziemek (1986) menyatakan pesantren sebagai agen perubahan sosial.

Kerja sama pesantren dengan masyarakat desa untuk bersinergi dalam melakukan pembangunan pertanian di perdesaan bertujuan untuk mencapai kesejahteraan bersama dan keseimbangan ekosistem. Kurikulum pertanian mengajarkan santri untuk belajar mandiri serta peduli terhadap alam sekitarnya sebagai bagian yang tak terpisahkan. Proses pembelajaran pertanian di pesantren berbasis pada pengetahuan ekologi, serta memelihara tradisi budaya dan kearifan lokal untuk terjaganya ekosistem. Pendidikan pertanian menggunakan pendekatan ekosistem yang peduli pada penyelamatan lingkungan dalam praktik budi daya pertanian. Hasilnya adalah santri yang kelak akan menjadi pribadi yang berkarakter dan berpandangan pada penyelamatan lingkungan serta peduli pada sesama manusia, bumi, dan keberlanjutan masa depan. Kedekatan santri dengan lingkungan dan masyarakat sekitar diwujudkan dalam bentuk usaha pertanian bersama melalui koperasi pesantren sehingga tercapai kemandirian dan ketahanan pangan yang menjadi kekuatan dan ketahanan masyarakat dalam adaptasi perubahan iklim.

Pesantren sering kali mengalami kesulitan dalam menghadapi berbagai permasalahan dalam pemenuhan kebutuhan pangan serta kesulitan dalam bidang ekonomi dan sosial dalam pengelolaannya. Perlu adanya sebuah pergerakan sosial untuk mencapai perubahan sosial (Welton, 1993). Perubahan sosial dan strategi yang direncanakan merupakan upaya menyelesaikan dan memperbaiki keadaan yang terjadi dalam kehidupan pesantren. Menurut Indraddin dan Irwan (2016), strategi dan perubahan sosial adalah dua hal yang dapat dilakukan untuk menyelesaikan dan memperbaiki kondisi yang terjadi.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Kajian perubahan sosial tidak hanya mengkaji tentang perubahan kondisi ekonomi, sosial, dan budaya, tetapi juga bagaimana proses adaptasi untuk bertahan dan sukses dalam kehidupan. Perubahan sosial pada tingkat ini perlu fokus pada perubahan struktur dan proses ekonomi, sosial, atau budaya.

Proses perubahan sosial perlu dilakukan melalui beberapa bidang dengan menerapkan kearifan lokal dan ekosofi (ekologi filosofi) dalam setiap program aksinya dengan tujuan terwujudnya pesantren pertanian berkelanjutan. Penerapan nilai-nilai kearifan lokal yang diajarkan pada santri menghasilkan santri berkarakter peduli pada lingkungan dan masyarakat sekitar. Menggali kemuliaan nilai-nilai dan tradisi leluhur masyarakat setempat, yang biasanya sudah banyak dilupakan, dilakukan oleh santri di bawah bimbingan ustaz dan didukung oleh pimpinan pesantren. Nilai kearifan lokal dan tradisi leluhur secara keilmuan telah banyak terbukti memberi keuntungan bagi penyelamatan lingkungan.

Faktor-faktor yang memengaruhi dalam perubahan masyarakat dapat dikelompokkan dalam tiga hal utama, yaitu ekonomi, sosial, dan budaya. Kelompok masyarakat atau suatu bentuk organisasi sosial sebagian besar ditentukan oleh faktor ekonomi dan khususnya dampak kapitalisme industri. Pengaruh politik negara dan pemerintah sekarang memainkan peran yang sangat besar dalam kehidupan sosial dan perubahan dalam masyarakat. Pengaruh budaya jelas memainkan peran penting dalam perubahan sosial. Sebagai contoh, sekularisasi dan perkembangan ilmu pengetahuan memiliki pengaruh besar pada cara kita berpikir, sikap terhadap legitimasi dan otoritas, dan dengan demikian juga memengaruhi struktur, sistem, dan nilai-nilai sosial (Giddens & Duneier, 2000). Berdasarkan hal tersebut, maka perlu adanya pelestarian kearifan lokal dalam masyarakat sebagai penyeimbang dalam mencapai kesejahteraan masyarakat.

Bab ini mengeksplorasi dan menganalisis peran kearifan lokal dengan konsep ekosofi untuk proses perubahan sosial kelembagaan pesantren pertanian berkelanjutan guna menemukan gagasan metode pembelajaran dan program aksi dalam sistem pesantren pertanian

Buku ini tidak diperjualbelikan.

untuk perubahan sosial. Perubahan sosial kelembagaan pesantren ini menuju pesantren pertanian berkelanjutan bersama-sama dengan masyarakat yang maju, sejahtera dan berkelanjutan, dan memiliki ketahanan pangan serta mampu beradaptasi pada perubahan iklim.

B. Konsep Kearifan Lokal dan Ekosofi (Ekologi Filosofi)

Kearifan lokal sebagai sumber daya yang signifikan berkontribusi pada peningkatan efisiensi, efektivitas, dan keberlanjutan proses pembangunan. Kearifan lokal didefinisikan sebagai dasar pengambilan keputusan tingkat masyarakat perdesaan yang berkaitan dengan ketahanan pangan, kesehatan, pendidikan, pengelolaan sumber daya alam, dan kegiatan ekonomi dan sosial penting lainnya (Gorjestani, 2005). Kearifan lokal merupakan bentuk pengetahuan masyarakat, tradisi, kebudayaan, kepercayaan, pemahaman atau persepsi suatu kelompok masyarakat beserta kebiasaan atau etika adat yang menjadi dasar dan pedoman perilaku manusia dalam kehidupan ekologis dan sistemik. Etika dan nilai yang mengakar dalam masyarakat berupa budaya bukan merupakan objek material yang konkret, tetapi menjadi dasar dan pedoman bagi perilaku manusia dalam suatu kelompok masyarakat (Pesurnay, 2018).

Kuasa dkk. (2015) menyatakan bahwa kearifan lokal petani pada masyarakat perdesaan menjadi unsur penentu keberhasilan pembangunan pertanian masyarakat perdesaan, pemenuhan kebutuhan pangan, dan kelestarian sumber daya alam sekitarnya. Meningkatnya intensitas kerusakan sumber daya alam, terutama karena berbagai faktor perilaku manusia, dan adanya tekanan ekonomi yang makin luas akan memengaruhi kehidupan masyarakat secara bertahap atau cepat akan menggantikan kearifan lokal ke dalam pendekatan ekonomi.

Menurut Alikodra (2020), proses membangun karakter santri dilakukan dengan penanaman dasar pemahaman ekosofi (ekologi filosofi), yaitu melalui dimensi intelektual, dimensi spiritual, dan dimensi emosional. Ekosofi adalah paham ekologi filosofi yang

Buku ini tidak diperjualbelikan.

pertama kali dicetuskan oleh Arne Naess pada tahun 1970. Dalam Alikodra (2020) dinyatakan bahwa manusia sebagai pusat kehidupan yang perilaku dan kepentingannya dapat memengaruhi keselamatan lingkungan dan alam sekitarnya. Keselamatan bumi ditentukan oleh peran manusia dalam segala tindakan dan keputusan yang didasarkan pada etika moral lingkungan menurut agama dan keyakinan masing-masing. Penerapan ekosofi yang berpedoman pada tiga dimensi tersebut dapat membangun karakter individu menjadi tangguh dan tahan terhadap berbagai dampak kerusakan lingkungan dan perubahan iklim. Dimensi intelektual diterapkan melalui kurikulum pertanian dan praktik di lahan. Dimensi spiritual diwujudkan dalam pendidikan Islam dan pemahaman Al-Qur'an dan hadis tentang kewajiban beramal soleh terhadap lingkungan dan alam sekitar. Dimensi emosional dibangun dengan cara membangun karakter pemimpin bagi masyarakat sekitar, bertanggung jawab mengelola lahan dalam pertanian berkelanjutan, dan menjadi tokoh panutan bagi masyarakat.

Menurut Alikodra (2020), dalam bukunya yang berjudul *Era Baru Konservasi Sumber Daya Alam dan Lingkungan: Membumikan Ekosofi Bagi Keberlanjutan Umat*, ketika bumi makin krisis, upaya konservasi lingkungan diperkuat dengan paham ekosofi. Ekologi filosofi merupakan paham berbasis filosofi ekologi dalam, yang menerapkan kesatuan tiga dimensi yang saling terkait secara utuh tersebut (intelektual, spiritual, dan emosional) sebagai landasan kegiatan konservasi. Keberhasilan kegiatan konservasi masyarakat adat yang banyak tersebar di seluruh tanah air disebabkan oleh kedisiplinan dalam melaksanakan praktik kearifan lokal berbasis ekosofi. Tumbuhnya kesadaran umat terhadap pentingnya konservasi berkaitan erat dengan pertumbuhan agama dan kekhasan budaya masyarakat hukum adat yang mengajarkan moral dan etika manusia dalam memperlakukan alam. Kualitas konservasi sangat erat kaitannya dengan kualitas hubungan di antara manusia, alam, dan Tuhan Sang Pencipta.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

C. Peran Pesantren Pertanian dalam Menghasilkan Agen Perubahan

Proses pendidikan dengan menerapkan pendekatan ekosofi diharapkan dapat membangun filosofi pribadi santri terhadap lingkungannya sehingga mampu menciptakan perubahan menuju upaya konservasi sumber daya alam, penyelamatan lingkungan, dan adaptasi terhadap perubahan iklim. Kajian dilakukan di Pesantren Biharul Ulum (Nanggung, Bogor), Darul Fallah (Ciampea, Bogor), dan Al Ittifaq (Ciwidey, Bandung).

Pesantren Agroekologi Biharul Ulum adalah pesantren yang berada di area pertambangan emas PT Aneka Tambang dan di sekitar Taman Nasional Gunung Halimun, Desa Nanggung, Bogor. Pesantren ini berada di lingkungan yang merasakan dampak kerusakan lingkungan. Masyarakat sekitar sudah meninggalkan usaha pertanian dan beralih menjadi penambang emas. Pesantren Pertanian Darul Fallah berada di Ciampea, Bogor. Pesantren tersebut berada di pinggiran perkotaan, dengan sebagian besar masyarakat yang tinggal di sekitar pesantren bekerja di industri dan lahan pertanian yang sudah sangat menurun kesuburan tanahnya. Pesantren Al Ittifaq sebagai pesantren agrobisnis yang menjalankan usaha pertanian, bersama masyarakat sekitar, mengelola koperasi untuk pemasaran dan pengolahan hasil pertanian. Pesantren Al Ittifaq mampu memenuhi kebutuhan pangan santri dan masyarakat sekitar secara mandiri dan mampu meningkatkan kesejahteraan petani melalui koperasi yang memiliki jejaring pemasaran secara *online* maupun *offline* yang cukup luas meliputi swalayan (*supermarket*) di Bandung dan Jakarta.

Kajian ini menggunakan triangulasi untuk mengumpulkan data tentang gambaran kearifan lokal, ekosofi, dan perubahan sosial. Metode yang digunakan adalah kombinasi teknik pengumpulan data dengan menggunakan observasi lapangan, analisis data sekunder, dan wawancara mendalam.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

1. Pesantren Agroekologi Biharul Ulum

Pesantren Biharul Ulum menamakan dirinya sebagai Pesantren Agroekologi yang memiliki karakter dengan lebih menekankan pada praktik pertanian, mengkaji fikih agraria, dan fikih ekologi sebagai materi belajar santri. Santri alumni pesantren ini diharapkan mempunyai ketrampilan bertani, memiliki kemandirian, bertanggung jawab menjaga lingkungan, dan memahami konsep ekologi. Menurut pengurus pesantren, Eddy Samsi (komunikasi pribadi, 27 Februari, 2020), mengajarkan fikih agraria yang sesuai dengan syariat Islam bertujuan agar santri dapat memahami cara melakukan usaha pertanian dan mengelola lahan pertanian dengan baik sesuai dengan peruntukannya, memahami tata kelola batas lahan, dan mengatur pola produksi pertanian berkelanjutan dan pola konsumsi untuk tercapainya kemandirian pangan dan kesejahteraan. Adapun konsep agroekologi yang dijadikan fokus belajarnya diajarkan melalui praktik pertanian di lahan yang peduli pada keselamatan lingkungan dan peduli pada ketahanan dan keselamatan ekosistem. Pesantren ini berada di area penambangan emas yang melakukan penggalian besar-besaran dan pengolahan tambang yang menghasilkan limbah yang mencemari air dan lahan pertanian. Keberadaan penambangan emas ini menimbulkan krisis sosio-ekologi dan permasalahan lingkungan seiring dengan melonjaknya pendapatan masyarakat melalui penambangan emas. Krisis yang perlu menjadi perhatian adalah hilangnya satu generasi tani, pencemaran air akibat limbah pengolahan dan penambangan emas, dan perebutan lahan tambang emas oleh para penambang.

Pesantren Biharul Ulum mengajarkan santri melakukan usaha pertanian yang dilakukan di lahan setiap hari. Para santri pergi ke lahan setiap hari, mengolah lahan, sampai melakukan pemanenan secara bersama-sama diselingi penanaman paham tentang pentingnya memelihara tradisi leluhur dan kebudayaan setempat tentang kepedulian lingkungan. Pimpinan pesantren juga menjadi narasumber dan memimpin kelompok tani bersama masyarakat sekitar dengan tujuan supaya masyarakat desa tidak sepenuhnya meninggalkan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

lahan pertanian dan kembali mengelola lahan pertanian yang telah ditelantarkan. Generasi muda sekitar pesantren sebagian besar sudah meninggalkan lahan pertanian dan terlibat dalam kegiatan penambangan emas ilegal yang juga dikenal dengan istilah *gurandil*. Kegiatan ini sangat memberikan dampak yang mengkhawatirkan bagi keselamatan generasi muda dan keselamatan lingkungan karena generasi muda menjadi banyak meninggalkan bangku sekolah dan memiliki gaya hidup berlebihan dengan pendapatan yang secara tiba-tiba menjadi sangat besar (Rini dkk., 2022).

Ilmu agama Islam dan dasar ilmu pertanian diajarkan pada santri sebagai kurikulum pembelajaran. Pimpinan dan ustaz mengajarkan ayat-ayat Al-Qur'an dan hadis yang mendasari kewajiban manusia beramal soleh menjaga kelestarian dan keselamatan lingkungan. Kearifan lokal juga diajarkan sebagai dasar terkuat melalui pengenalan terhadap tradisi masyarakat setempat dan tutur leluhur. Tutur leluhur dan tradisi tentang pengelolaan hutan di sekitarnya dan manajemen lahan pertanian yang sudah lama dilupakan masyarakat dijadikan sebagai penuntun yang memperkuat pengamalan ayat suci Al-Qur'an dan hadis. Pesantren Biharul Ulum berada di sekitar Taman Nasional Gunung Halimun, dekat kawasan hutan. Kawasan hutan lindung harus ditanami pohon-pohon dan dijaga keberadaannya sesuai dengan tutur leluhur *Gunung Kayuan*. Wilayah dataran rendah diperuntukkan bagi tempat tinggal, leluhur menyebutnya sebagai *Datar Imahan*. Wilayah sekitar pegunungan yang berupa tebing dengan kemiringan permukaan tanah merupakan *Lamping Awian*, ditanami bambu untuk mempertahankan tanah dan mencegah bencana longsor. Wilayah dataran rendah yang dekat dengan mata air digunakan untuk menanam padi sebagai sumber pangan disebut dengan *Lebak Sawahan*. Tutur leluhur ini merupakan sumber pengetahuan kearifan lokal untuk mengelola lahan dengan menerapkan prinsip pertanian berkelanjutan untuk menyelamatkan lingkungan bagi keberlanjutan generasi yang akan datang yang tahan terhadap perubahan iklim. Menurut Altieri dkk. (2015), pertanian berkelanjutan berbasis ekosistem merupakan suatu pendekatan secara holistik yang mengutamakan desain lanskap

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Foto: Darlina Kartika Rini (2020)

Gambar 9.1 Pesantren Agroekologi Biharul Ulum berada di kawasan hutan.

dalam suatu sistem usaha pertanian untuk mengurangi kerusakan alam dan lingkungan.

Pesantren Biharul Ulum berada di kawasan hutan yang memiliki kekayaan budaya yang dikategorikan sebagai tradisi leluhur masyarakat Kasepuhan Banten Kidul (Gambar 9.1). Masyarakat kasepuhan mengenal konsep pengelolaan lingkungan hutan dengan mengelompokkan hutan menjadi tiga kategori, yaitu (1) *Leuweung Titipan*, (2) *Leuweung Tutupan*, dan (3) *Leuweung Garapan*. Nilai leluhur ini penting ditanamkan pada generasi muda untuk memelihara keberadaan hutan dalam melindungi masyarakat dari bencana alam akibat perubahan iklim dan kerusakan lingkungan akibat eksplorasi

Buku ini tidak diperjualbelikan.

alam yang tak terkendali. *Leuweung Titipan* adalah kawasan hutan yang tidak boleh dikelola dan harus dipelihara keberadaannya karena berfungsi menahan air dan menjaga kelestarian akan keanekaragaman hayati untuk mempertahankan ekosistem. Kawasan hutan ini merupakan titipan leluhur dan titipan Tuhan yang wajib dijaga oleh manusia demi keselamatan lingkungan dan keanekaragaman hayati. *Leuweung Tutupan* adalah area hutan yang dimanfaatkan dan ditebang pohonnya untuk diambil kayu ataupun nonkayu yang dapat dimanfaatkan untuk kehidupan manusia. Penanaman kembali harus dilakukan untuk menjaga kelestarian dan keberadaan hutan yang berada dalam area ini. *Leuweung Garapan* adalah lahan dalam kawasan hutan yang boleh digarap oleh manusia untuk usaha pertanian maupun perkebunan untuk kepentingan masyarakat di sekitar hutan (Rini dkk., 2022).

Kearifan lokal warisan leluhur tersebut dijadikan pedoman bagi masyarakat terutama generasi muda yang dapat menguatkan karakter ekologi filosofi untuk adaptasi perubahan iklim dan penyelamatan lingkungan. Santri di Pesantren Biharul Ulum berasal dari berbagai strata pendidikan, mulai dari SD, SMP, SMA, sampai perguruan tinggi. Santri lulusan SMA dan SMK berada di pesantren sambil belajar di Universitas Terbuka. Mereka memiliki waktu luang untuk bekerja sebagai petani mengelola lahan pertanian setiap hari dan menjadi tutor atau ustaz bagi santri-santri yang lebih muda. Santri-santri mahasiswa ini disiapkan sebagai agen perubahan bagi masyarakat di sekitar penambangan emas, untuk mengajak masyarakat kembali bertani dengan sistem pertanian berkelanjutan dan mengolah lahan pertanian di kawasan Halimun Utara. Generasi muda tani diharapkan mampu menjadi agen perubahan menuju pertanian berkelanjutan yang merupakan *sunatullah* yang memberikan manfaat dan kesejahteraan bagi kehidupan masyarakat dan lingkungan.

Dampak bencana longsor pada tahun 2020 sangat dirasakan oleh masyarakat sekitar. Sebagian besar masyarakat terkena dampaknya, jalan transportasi terputus, rumah terkena longsor dampak galian tambang emas. Masyarakat sempat berkumpul dan mengungsi di

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Pesantren Biharul Ulum dan kegiatan penambangan emas tidak bisa dilakukan lagi. Peristiwa ini memberikan pengaruh bagi pemahaman masyarakat akan dampak perubahan iklim yang mengancam dan pentingnya menjaga lingkungan melalui usaha pertanian berkelanjutan. Penerapan nilai-nilai kearifan lokal dan tutur leluhur dalam memanfaatkan dan mengeksplorasi hasil tambang menjadi dianggap penting untuk menjaga keselamatan lingkungan dan keberlanjutan. Menurut pengurus pesantren, Eddy Samsi (komunikasi pribadi, 27 Februari, 2020), pesantren mengajarkan pertanian berkelanjutan dengan mengangkat tutur leluhur sebagai nilai kearifan lokal dengan menerapkan dalam bentuk pengetahuan melalui proses pendidikan, menerapkan nilai spiritual, dan membangun kematangan emosional dengan membangun mental kepemimpinan. Tiga hal tersebut merupakan bentuk ekologi filosofi yang terus diterapkan untuk menyadarkan generasi muda akan dampak negatif yang ditimbulkan dari tambang emas yang perlu ditanggulangi. Penambangan emas menyebabkan masyarakat menjadi memiliki mental serakah dan tidak peduli pada masyarakat sekitarnya. Krisis sosial dan moral timbul karena kerasnya usaha penambangan memburu emas di gunung pada bongkahan-bongkahan batu besar dan menggali lubang-lubang besar untuk mendapatkannya.

Generasi muda sekitar pesantren lebih memilih meninggalkan pertanian dan bekerja sebagai penambang di penambangan emas tanpa izin (PETI) untuk memenuhi kebutuhan hidup keluarganya karena pendapatan penambang emas jauh lebih besar. Besarnya pendapatan membuat masyarakat melakukan penyesuaian gaya hidup yang tinggi dan budaya konsumtif menjadi meningkat. Hal ini meningkatkan harga bahan pokok di perdesaan sekitar penambangan emas dan banyak timbul perselisihan karena perebutan lahan penambangan emas. Limbah pengelolaan tambang emas menyebabkan pencemaran air dan lingkungan sekitar. Krisis sosial ekologis tidak dapat dihindari terjadi di masyarakat desa.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

2. Pesantren Pertanian Darul Fallah

Pesantren Darul Fallah mempunyai tujuan supaya santri alumni setelah lulus dari pesantren dapat berperan dalam pembangunan pertanian di kampung halamannya, menjadi insan yang maju, dan mampu berkarya. Proses pembelajaran di pesantren menekankan pada pembangunan karakter yang peduli terhadap lingkungan di mana pun santri berada. Santri dibiasakan pergi ke kebun di pagi hari untuk mengolah lahan pertanian seperti pada Gambar 9.2. Santri belajar bercocok tanam serta menanam jagung, cabai, kangkung, kacang panjang, dan sebagainya. Praktik pertanian di lahan ini bukan untuk produksi, melainkan hanya untuk praktik belajar di lahan. Akan tetapi, hasilnya dimanfaatkan untuk konsumsi santri setelah dipasarkan di perkampungan sekitar pesantren. Santri diharapkan memiliki semangat dan kedisiplinan melalui praktik pertanian di lahan. Kegiatan bekerja di lahan menjadi pengalaman berharga bagi



Foto: Darlina Kartika Rini (2020)

Gambar 9.2 Praktik Bertani di Lahan Santri Darul Fallah

Buku ini tidak diperjualbelikan.

santri yang dapat membangun karakter dan pengetahuan santri, menimbulkan kecintaan pada kegiatan bertani, dan menumbuhkan filosofi pribadi santri tentang manfaat bertani dan filosofinya terhadap lingkungan (Gambar 9.2).

Tiga dimensi unggul dalam pembelajaran dan proses pendidikan di pesantren pertanian Darul Fallah, meliputi (1) dimensi spiritual (ketakwaan): menjalankan ibadah, memiliki akidah yang benar, dan berakhlak mulia; (2) dimensi intelektual (kecerdasaan): menguasai ilmu pengetahuan dan teknologi (iptek), memiliki kemampuan intelektual, dan mampu berkomunikasi; serta (3) dimensi emosional (kemandirian): memiliki jiwa pemimpin dan kemampuan manajerial. Penerapan kurikulum unggul ini sejalan dengan pendapat Alikodra (2020) tentang konsep ekosofi yang terdiri dari tiga dimensi, yaitu dimensi intelektual, dimensi emosional, dan dimensi spiritual. Pesantren Darul Fallah juga menerapkan kurikulum pendidikan pesantren menggunakan sistem pendidikan terpadu (Rini dkk., 2022), meliputi

1) pendidikan agama Islam dengan mengedepankan teknologi dan keterampilan agrobisnis;
2) pendidikan formal dan nonformal bagi santri;
3) pendidikan intelektual melalui pembelajaran teori dan praktik penerapan usaha; dan
4) pendidikan akademik melalui pencapaian prestasi individual santri dengan semangat pelayanan.

3. Pesantren Agrobisnis Al Ittifaq

Pimpinan pesantren memiliki pengaruh besar pada masyarakat sekitar pesantren di Desa Rancabali, Ciwidey, Bandung. Kegiatan pesantren banyak melibatkan masyarakat dengan tujuan untuk memberikan lebih banyak manfaat dan keberkahan bagi masyarakat sekitar. Berbagai kegiatan, baik kegiatan keagamaan maupun kegiatan pertanian, dilakukan secara simultan dalam masyarakat. Penanaman filosofi pribadi bagi santri dan masyarakat terhadap lingkungan menjadi lebih mudah diterapkan. Pendekatan ekosofi menjadi

Buku ini tidak diperjualbelikan.

lebih memudahkan bagi tercapainya kesadaran dan kepedulian lingkungan. Sesuai dengan pendapat Arne Naes dalam Levesque (2016), untuk membangun filosofi pribadi (ekologi filosofi) pada seseorang dapat dilakukan pendekatan melalui dimensi ekosofi, yaitu dimensi intelektual melalui pembelajaran, dimensi spiritual melalui keagamaan, dan dimensi emosional dengan membina hubungan kemasyarakatan. Pendekatan ekosofi jadi lebih memudahkan bagi tercapainya kesadaran dan kepedulian lingkungan.

Pesantren Al Ittifaq menerapkan prinsip filosofi lingkungan yang diajarkan oleh pimpinan pesantren, yaitu melalui penanaman konsep peduli lingkungan melalui prinsip tiga *ur*, di antaranya (1) tidak ada sedikit pun waktu untuk menganggur; (2) tidak ada lahan yang dibiarkan tidur; dan (3) tidak membiarkan sampah *mawur* (berhambur). Tiga prinsip ini diterapkan oleh warga pesantren dan masyarakat sekitar pesantren. Prinsip-prinsip tersebut merupakan nilai kearifan lokal yang memiliki filosofi kepedulian lingkungan.

Santri yang berada di seluruh tingkat pendidikan semua terlibat dalam usaha pertanian, dari santri tingkat sekolah dasar/madrasah ibtidaiyah, sekolah menengah pertama/madrasah tsanawiyah, sampai sekolah menengah atas/madrasah aliyah. Santri di tingkat SD diberi tanggung jawab untuk melakukan kegiatan budi daya pertanian di lahan meliputi mengolah lahan dan bercocok tanam. Santri di tingkat SMP diberi tanggung jawab dalam mengurus administrasi produksi pertanian dan penanganan pascapanen. Penanganan pascapanen meliputi *sortasi, grading, packing, wrapping*, dan *labelling* (Gambar 9.3). Proses *grading* terbagi menjadi empat tingkat kualitas hasil panen. Kualitas tingkat satu untuk dijual ke *supermarket* dan pasar modern, kualitas tingkat dua untuk dipasarkan di pasar tradisional, kualitas tingkat tiga untuk dikonsumsi warga pesantren, dan kualitas tingkat empat dijadikan sebagai pakan ternak dan pakan ikan. Warga pesantren dan masyarakat sudah terpenuhi kebutuhan pangan seluruhnya dari hasil panen. Santri di tingkat SMA bertugas melakukan proses pemasaran hasil pertanian. Materi pembelajaran agrobisnis diajarkan secara langsung dengan terjun ke lahan dan bekerja di kebun, melakukan tata niaga hasil pertanian, atau mengurus hewan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

ternak di kandang. Santri yang melakukan praktik pertanian di lahan berada di bawah bimbingan dan pengawasan mandor yang merupakan santri alumni. Santri belajar mengelola lahan pertanian, mencangkul dan menyiangi, melakukan pemupukan dengan pupuk organik dan pestisida organik, dan melakukan proses pemanenan. Kegiatan ini dilakukan santri setiap hari. Kegiatan memelihara hewan ternak juga dilakukan setiap hari. Interaksi santri dengan lahan pertanian dan hewan ternak menjadikan santri lebih mudah menyerap dan mempelajarinya, menjadi lebih fokus pada pekerjaannya, bertanggung jawab pada tugasnya, dan dapat meningkatkan keterampilannya.

Alumni santri juga sebagian besar diminta untuk kembali ke pesantren dan berbaur dengan masyarakat sekitar serta terjun mengelola usaha pertanian. Alumni santri memimpin kelompok tani di masyarakat dan hasil usaha pertaniannya dikirim di koperasi pesantren Alif untuk diolah pascapanennya oleh santri, sekaligus dipasarkan oleh koperasi pesantren Alif untuk dipasok ke pasar tradisional atau pasar modern termasuk *supermarket* di beberapa daerah, atau dipasarkan melalui *e-commerce.* Petani alumni santri



Foto: Darlina Kartika Rini (2020)

Gambar 9.3 Proses *Wrapping* pada Tahap Penanganan Hasil Panen

Buku ini tidak diperjualbelikan.

yang sudah berhasil melakukan usaha pertanian di sekitar pesantren biasanya memimpin masjid dan majelis taklim. Mereka menarik para alumni lain untuk bekerja di lahan pertaniannya dan melakukan usaha agrobisnis. Alumni santri diberi tanggung jawab mengelola lahan oleh pesantren dan membina sejumlah santri yang dipekerjakan di lahannya. Masyarakat dilibatkan dalam kegiatan agrobisnis yang dilakukan pesantren dalam produksi pertanian dan dalam mengembangkan koperasi pesantren Alif dan Balai Mandiri Terpadu.

Pesantren Al Ittifaq menerapkan dua metode belajar pesantren, yaitu salafiyah dan khalafiyah. Metode salafiyah menerapkan pendidikan santri secara tradisional tanpa menggunakan kurikulum akademik, hanya belajar mengaji dan bertani saja. Santri salafiyah dapat bekerja di lahan pertanian setiap hari dari pagi sampai siang, kemudian sore harinya mereka belajar agama. Metode khalafiyah menerapkan kurikulum nasional dengan memasukkan kurikulum agrobisnis. Jadi, santri setiap hari ke sekolah, tetapi sore hari sepulang sekolah mereka langsung membantu proses penanganan pascapanen di koperasi pesantren Alif. Mereka, para santri, ke kebun hanya pada saat libur sekolah di hari Sabtu dan Minggu. Sistem ini mengadaptasi perkembangan zaman di mana sekolah formal tetap merupakan suatu hal yang penting jika santri terjun ke masyarakat. Santri alumni tidak hanya mampu menjadi ustaz atau ulama, tetapi juga mempunyai kemampuan di usaha pertanian agar tercapai kemandirian ekonomi dan kesejahteraannya. Kegiatan usaha pertanian di Pesantren Al Ittifaq dilakukan dari hulu sampai hilir sehingga santri dapat belajar proses secara langsung. Usaha pertanian ditanamkan oleh pimpinan pesantren, almarhum K.H. Fuad Affandi, karena usaha di bidang pertanian adalah mata pencaharian yang banyak keberkahannya. Proses pendidikan ini dapat membangun filosofi pribadi santri tentang pentingnya kepedulian lingkungan karena akan menjamin ketahanan pangan bagi masyarakat dan adaptasi perubahan iklim.

Pesantren Al Ittifaq mengelola lahan pertanian seluas 14 ha yang dibagi menjadi enam wilayah yang masing-masing dipimpin oleh santri alumni yang disebut sebagai mandor tani. Masing-masing wilayah dikelola oleh beberapa orang santri sebagai tenaga tani dan dipimpin

Buku ini tidak diperjualbelikan.

oleh mandor tani. Usaha pertanian ini merupakan praktik belajar yang berfungsi sebagai laboratorium dan lahan praktikum bagi santri untuk mengasah kemampuan berwirausaha dan membangun kemandirian santri. Usaha pertanian ini dapat memenuhi kebutuhan sehari-hari dan kebutuhan makanan warga pesantren dan masyarakat sekitar sehingga menjamin ketahanan pangan warga santri dan masyarakat sekitarnya. Menurut Widodo (2011), kedaulatan pangan dapat tercapai seiring dengan tercapainya pembangunan pertanian. Keberhasilan pesantren Al Ittifaq mengelola usaha pertanian menjadikan pesantren Al Ittifaq sebagai pusat pelatihan agrobisnis. Pesantren ini bekerja sama dengan pemerintah daerah membangun Balai Latihan Kerja (BLK) Pengolahan Hasil Pertanian. Pesantren ini juga memfasilitasi program pelatihan bagi siswa, mahasiswa, dan petani dari berbagai daerah, baik dari dalam negeri maupun dari luar negeri untuk magang di pesantren. Di pesantren juga banyak dilakukan penelitian untuk pengembangan keilmuan dan teknologi dari berbagai instansi dan perguruan tinggi. Pesantren juga menyediakan fasilitas penginapan dan *homestay*. Hal tersebut sesuai dengan misi pesantren Al Ittifaq, yaitu untuk mencetak santri berakhlak mulia, mandiri, dan berjiwa wirausaha. Pesantren Al Ittifaq juga banyak memperoleh penghargaan dan bantuan dari berbagai pihak, yaitu dari pemerintah daerah, bahkan dari berbagai kementerian.

D. Penerapan Kearifan Lokal dengan Konsep Ekosofi dalam Proses Perubahan Pesantren

Kearifan lokal yang ada di ketiga pesantren diterapkan dalam tiga atribut kearifan lokal yang dijelaskan pada Tabel 9.1, yaitu meliputi (1) nilai-nilai kearifan lokal, (2) teknologi kearifan lokal, dan (3) fikih lingkungan. Nilai-nilai kearifan lokal dalam bentuk konsep tutur leluhur serta tradisi pesantren dan masyarakat desa sekitar pesantren dijadikan pedoman. Nilai-nilai tersebut diterapkan untuk menjaga kelestarian lingkungan dan keberlanjutan kehidupan pesantren dan masyarakat desa. Teknologi kearifan lokal yang dikembangkan di pesantren bertujuan untuk mendukung pertanian berkelanjutan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Tabel 9.1 Kearifan Lokal dalam Pesantren Pertanian

Atribut	PP Biharul Ulum	PP Darul Fallah	PP Al Ittifaq
Nilai Kearifan Lokal	• *Datar Imahan* • *Lamping Awian* • *Lebak Sawahan* • *Leuweng Garapan* • *Leuweng Tutupan* • *Leuweng Titipan*		• Prinsip tiga *ur*: a. Tidak ada sedikit pun waktu untuk mengang-*gur*; b. Tidak ada lahan yang tid*ur*; c. Tidak ada sampah yang *mawur* (berhambur). • Belajar bertani harus dengan melihat, mengikuti, dan melakukan sendiri.
Teknologi Berbasis Kearifan Lokal	Membuat Kompos	Membuat Kompos	• Membuat kompos, membuat pestisida dan insektisida nabati (mikro-organisme fermentasi alami: inabat, ciknabat, sinabat, dan betapur) • Membuat pupuk organik
Fikih Lingkungan	Memberikan materi pembelajaran Fikih Lingkungan sebagai materi ajar pada santri.	• Santri berdoa dan memohon kebaikan dan manfaat aktivitas bertaninya. • Hasil pertanian dimanfaatkan oleh semua makhluk di bumi, tidak hanya manusia. • Menggunakan dan menjaga air tidak tercemar. • Berzikir dalam mengolah dan memanfaatkan sumber daya alam dengan cara baik dan benar.	• Mengadakan kajian yang dipimpin langsung oleh kiai pimpinan pesantren membahas tentang bahwa pertanian adalah *sunatullah*. • Setiap DKM dan majelis taklim di masyarakat desa, mengadakan diskusi dalam kelompok tani, menjelaskan tentang dasar hukum dalam Al-Qur'an dan hadis tentang pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

dengan memproduksi pupuk dan pestisida organik. Pesantren Al Ittifaq memproduksi pupuk organik, pestisida, dan insektisida nabati yang dibuat dengan buah dan sayuran sisa *grading* tingkatan terendah (tingkat empat) pada proses penanganan hasil pertanian. Fikih lingkungan diajarkan kepada santri selama proses pembelajaran dan juga diajarkan kepada masyarakat desa melalui majelis taklim dan kelompok tani (Tabel 9.1).

Penerapan kearifan lokal dengan konsep ekosofi melalui gagasan metode pembelajaran pada pesantren pertanian dapat dijelaskan pada Tabel 9.2. Gagasan metode pembelajaran berdasarkan analisis indikator ekosofi dan penerapan atribut kearifan lokal meliputi

1) penanaman konsep pertanian berkelanjutan pada santri, sudah dilakukan pada Pesantren Biharul Ulum dan Al Ittifaq;
2) praktik budi daya pertanian di lahan, telah dilakukan oleh santri pada Pesantren Biharul Ulum, Darul Fallah, dan Al Ittifaq;
3) mempelajari, memahami, dan menanamkan nilai-nilai kearifan lokal, diterapkan di Pesantren Biharul Ulum dan Al Ittifaq;
4) membangun karakter peduli lingkungan dan menerapkan filosofi lingkungan, sudah diterapkan di pesantren Biharul Ulum dan Al Ittifaq;
5) magang di petani yang sudah berhasil, sudah diterapkan pada santri di Pesantren Darul Fallah dan Al Ittifaq;
6) mengembangkan *leadership* melalui *role model* bagi santri, sudah diterapkan di Pesantren Biharul Ulum, Darul Fallah, dan Al Ittifaq.

Menurut Wilken (1990), peningkatan kesejahteraan masyarakat melalui pembangunan pertanian yang berhasil dapat dicapai melalui usaha pertanian tradisional yang berpedoman pada kearifan lokal menuju pertanian berkelanjutan. Pertanian berkelanjutan adalah jalan menuju ketahanan pangan dan ketahanan masyarakat dari dampak negatif perubahan iklim.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Berdasarkan survei lapangan dan wawancara mendalam pada pengurus pesantren, gagasan metode pembelajaran yang telah diterapkan semuanya pada ketiga pesantren, yaitu (1) praktik budi daya pertanian di lahan dan (2) mengembangkan *leadership* melalui *role model*. Keduanya dapat membangun karakter peduli lingkungan dan meningkatkan pemahaman santri terhadap pentingnya menjalankan usaha pertanian berkelanjutan. Pesantren Al Ittifaq menerapkan seluruh gagasan metode pembelajaran yang dirumuskan. Pesantren Biharul Ulum menerapkan lima gagasan metode pembelajaran dari enam metode pembelajaran yang dirumuskan, sedangkan pesantren Darul Fallah telah menerapkan tiga dari enam gagasan metode pembelajaran tersebut. Penjelasan lebih lanjut ditampilkan pada Tabel 9.2.

Tabel 9.2 Penerapan Gagasan Metode Pembelajaran di Pesantren Berdasarkan Indikator Ekosofi dan Kearifan Lokal

No.	Indikator Ekosofi	Gagasan Metode Pembelajaran Pesantren	Penerapan di Pesantren
1	Dimensi Intelektual	(1) Penanaman konsep pertanian berkelanjutan	• Pendidikan pertanian bagi santri dan masyarakat desa. • Santri belajar bertani dan beternak di kelas dan di lahan bersama petani. • Berperan serta dalam pembangunan pertanian desa memimpin kelompok tani. • Melakukan perubahan sosial yang terus diupayakan dengan membangun sarana transportasi desa dan membangun koperasi pesantren. • Memproduksi pupuk dan pestisida organik untuk memenuhi kebutuhan usaha pertanian. • Melakukan usaha pertanian berkelanjutan dan mampu memenuhi kebutuhan pangan lokal pesantren bahkan sebagai usaha tani yang menghasilkan.
		(2) Praktik budi daya pertanian di lahan	• Santri melakukan kegiatan pertanian, peternakan dan perikanan di lahan setiap pagi hari. • Santri melakukan pengolahan hasil pertanian di sore hari.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Indikator Ekosofi	Gagasan Metode Pembelajaran Pesantren	Penerapan di Pesantren
2	Dimensi Spiritual	(3) Penanaman nilai-nilai kearifan lokal dalam bentuk tutur leluhur	• Tutur leluhur tentang desain lanskap: *Gunung Kayuan*, *Datar Imahan*, *Lamping Awian*, *Lebak Sawahan*. • Tutur leluhur tentang fungsi hutan: *Leuweng Garapan*, *Leuweng Tutupan*, *Leuweng Titipan*.
		(4) Membangun karakter dan filosofi lingkungan	• Santri berdoa dan memohon kebaikan dan manfaat aktivitas bertaninya. • Terus berzikir dalam mengolah dan memanfaatkan sumber daya alam dengan cara baik dan benar. • Hasil pertanian harus dimanfaatkan oleh semua makhluk di bumi, tidak hanya manusia. • Menggunakan dan menjaga air yang bersih tidak tercemar.
3	Dimensi Emosional	(5) Magang di petani yang sudah berhasil	Santri diberi tangung jawab mengolah lahan pertanian, mengelola peternakan, dan perikanan setiap hari.
		(6) Mengembangkan *leadership* melalui *role model*	Santri dipimpin oleh santri alumni bekerja sama dengan masyarakat sekitar pesantren mengembangkan pertanian.

Proses perubahan sosial dan transformasi sosio-ekonomi pesantren melalui konstruksi rasionalitas ulama dan perubahan lembaga tradisional diperlukan untuk ketahanan pesantren (Asnawi dkk., 2016). Proses perubahan sosial dianalisis berdasarkan variabel *input* dan *output* dalam sistem perubahan sosial kelembagaan. Peran kearifan lokal sangat penting dalam menyeimbangkan proses perubahan sosial agar menjadi lebih mudah diterapkan dalam proses perubahan sosial (Rini dkk., 2023). Kearifan lokal diterapkan melalui konsep ekosofi dalam tiga dimensi, yaitu dimensi intelektual, dimensi emosional, dan dimensi spiritual. Kearifan lokal dan konsep ekosofi,

Buku ini tidak diperjualbelikan.

keduanya, mendorong percepatan proses perubahan sosial dalam pesantren menuju pesantren maju dan sejahtera melalui usaha di bidang pertanian bersama masyarakat sekitar pesantren dengan konsep pertanian berkelanjutan. Pertanian berkelanjutan menjamin masa depan ketahanan pangan masyarakat dan adaptasi perubahan iklim. Diagram *input* dan *output* diperlukan untuk mempermudah melihat proses perubahan sosial dan peran kearifan lokal dengan konsep ekosofi dalam sistem tersebut. Hal ini dijelaskan lebih lanjut pada Gambar 9.5.

Analisis yang dilakukan dengan melihat pesantren sebagai sebuah sistem yang di dalamnya terdapat elemen-elemen sistem yang memiliki kompleksitas dan permasalahan diselesaikan dengan ilmu sistem (Warfield, 2003). Jika pesantren pertanian dilihat sebagai suatu sistem maka terdapat komponen *input* yang masuk ke dalam sistem dan menghasilkan *output*. *Input* sistem adalah pesantren tradisional dengan kearifan lokal yang merupakan kondisi awal dari sistem. Proses perubahan sosial dilakukan pada tiga konsep dasar, yaitu pendidikan pesantren, pertanian, dan kolaborasi. Perubahan sosial dilakukan pada pendidikan pesantren dengan penerapan gagasan metode pembelajaran berbasis kearifan lokal dengan konsep ekosofi. Perubahan sosial dipercepat dengan adanya agen perubahan (santri alumni) sebagai motor penggerak perubahan. Menurut Zald dan McCarthy (2017), perubahan sosial dapat dipercepat prosesnya melalui pergerakan sosial. Pergerakan sosial yang dilakukan oleh pesantren bersama dengan masyarakat dipercepat dengan penambahan jumlah alumni santri sebagai agen perubahan. Perubahan sosial pada pertanian dilakukan dengan menerapkan pertanian berkelanjutan. Perubahan sosial dalam kolaborasi dilakukan dengan membangun kerja sama usaha pertanian bersama masyarakat desa, lembaga terkait, dan pasar tradisional dan modern. Menurut Amongjati dkk. (2019), perubahan sosial pesantren dapat menggerakkan pertanian dan perubahan sosial di desa.

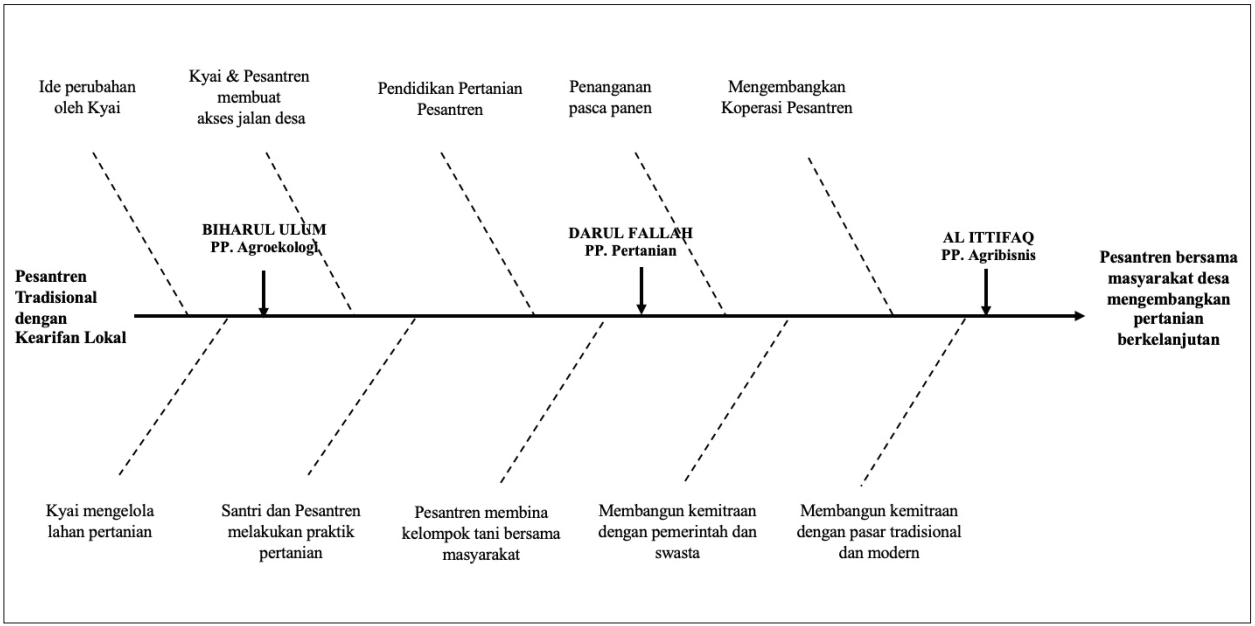
Gambar 9.4 merupakan diagram *fishbone* tahapan proses perubahan yang telah dilakukan oleh pesantren. Diagram *fishbone* atau

Buku ini tidak diperjualbelikan.

diagram sebab akibat ditemukan oleh Kaoru Ishikawa pada tahun 1986, seorang tokoh manajemen mutu dari Jepang. Diagram *fishbone* atau diagram Ishikawa digunakan untuk menganalisis proses sebab akibat dan untuk mengetahui akar penyebab masalah yang memengaruhi hasil (Liliana, 2016). Pada awalnya, generasi muda di masyarakat sekitar pesantren bekerja di sektor industri atau sektor tambang dan mulai meninggalkan profesi sebagai petani. Pada kondisi terdahulu, pesantren bersifat tradisional dan tertutup. Pengelolaan pada mulanya dilakukan oleh kiai secara mandiri dan belum melibatkan santri dan masyarakat. Kiai, pesantren, dan masyarakat membuat akses jalan desa untuk mempermudah proses transportasi dalam penanganan pascapanen. Pendidikan pertanian di pesantren menerapkan kearifan lokal dengan konsep ekosofi dalam proses pendidikan. Kiai mempunyai ide perubahan dengan membangun kemitraan dengan masyarakat untuk melakukan produksi pertanian melalui majelis taklim dan kelompok tani. Proses produksi pertanian dilakukan dari budi daya pertanian, kemudian penanganan pascapanen, dan membangun kemitraan dengan pihak luar. Adanya kerja sama pesantren dan masyarakat mampu meningkatkan manfaat, produksi, serta kemandirian pesantren dan masyarakat sekitar pesantren. Menurut Wang dan Ahmed (2003), memperbaiki organisasi dan manajemen pengelolaan adalah bagian penting dan utama dalam proses perubahan sosial.

Proses perubahan sosial dijelaskan dalam Gambar 9.5. Jika pesantren dianggap sebagai sebuah sistem, dalam proses perubahan sosial tersebut terdapat *input* dan *output* sistem. *Input* sistem berupa pesantren tradisional dengan kearifan lokal sebagai kondisi awal sebelum proses perubahan sosial. *Output* sistem sebagai kondisi akhir berupa program aksi yang telah berhasil membawa pesantren dan masyarakat desa maju dan sejahtera serta mampu mandiri memenuhi kebutuhan pangannya; lahan dapat dikelola maksimal dengan sistem pertanian berkelanjutan.

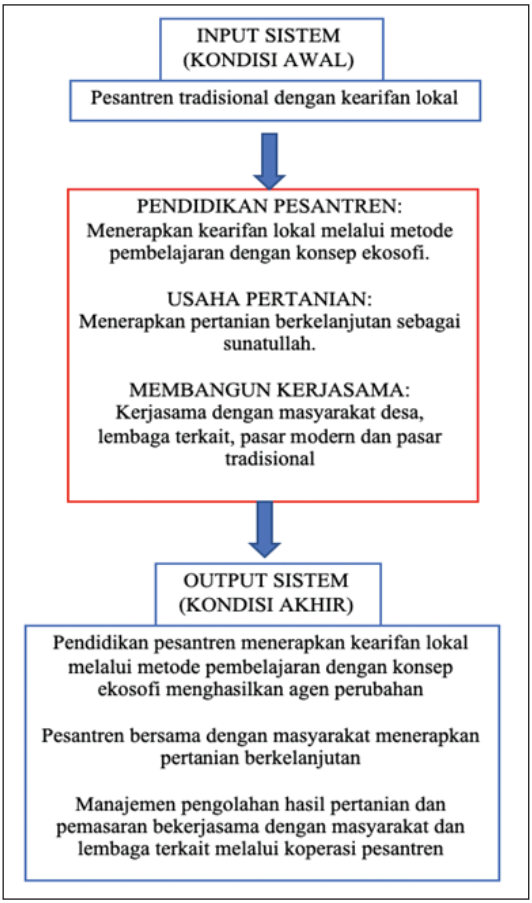
Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Diadaptasi dari Liliana (2016)

Gambar 9.4 Diagram *Fishbone* Posisi Pesantren Biharul Ulum, Darul Fallah, dan Al Ittifaq dalam Tahapan Proses Perubahan Pesantren

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Diadaptasi dari Amongjati dkk. (2019)

Gambar 9.5 Diagram *Input* dan *Output* Perubahan Sosial Kelembagaan Pesantren Pertanian Berkelanjutan

Perubahan sosial terjadi melalui pendidikan pesantren, pertanian, dan kerja sama. Pendidikan pesantren menerapkan metode pembelajaran berbasis ekosofi dengan mengajarkan kearifan lokal. Usaha pertanian menerapkan pertanian berkelanjutan. Membangun kerja sama dalam usaha pertanian dengan berbagai pihak, antara

Buku ini tidak diperjualbelikan.

lain kerja sama dengan masyarakat desa, lembaga terkait, pasar tradisional, dan pasar modern. Kerja sama merupakan faktor kunci dalam upaya membina hubungan untuk mendapatkan hasil yang saling menguntungkan dan lebih menguntungkan melalui berbagai kegiatan seperti dijabarkan pada Gambar 9.5.

Bentuk kerja sama tersebut diwujudkan dengan terbentuknya koperasi pesantren sebagai wadah kerja sama. Perbaikan manajemen pengolahan hasil pertanian dan pemasaran menjadi tanggung jawab bersama dan dipimpin oleh pesantren. Perubahan sosial berlangsung secara bertahap dan menjadi besar setelah melalui rentang waktu yang cukup panjang dengan dinamika pergerakan yang sedikit demi sedikit dan terus-menerus dalam dinamika yang terus melaju menuju kesejahteraan. Pesantren yang memegang teguh keyakinan akan kemajuan dengan menerapkan kearifan lokal, baik dalam bentuk nilai-nilai kearifan lokal, teknologi kearifan lokal maupun fikih lingkungan (Tabel 9.1), merupakan pergerakan sosial yang mempercepat proses perubahan sosial. Keberadaan alumni santri ialah sebagai agen perubahan sebagai motor penggerak seluruh langkah dan tahapan perubahan.

Perubahan sosial menghasilkan *output* sistem yang berasal dari kondisi awal yang merupakan *input* sistem berupa pesantren tradisional dengan kearifan lokal (Gambar 9.5). *Input* dan *output* sistem diperoleh berdasarkan analisis menggunakan *Soft System Methodology* (SSM). Analisis SSM dilakukan untuk menyederhanakan sistem yang rumit menjadi sistem yang lebih sederhana dan terstruktur sehingga diperoleh diagram *input* dan *output*. *Output* sistem yang dihasilkan merupakan tingkatan perubahan yang terbaik menuju ketahanan pangan dan ketahanan ekosistem pesantren terhadap dampak negatif perubahan iklim. *Output* sistem meliputi perubahan pendidikan pesantren pertanian, usaha pertanian berkelanjutan, dan manajemen pengolahan hasil pertanian dan pemasaran. Penerapan kearifan lokal dalam pendidikan pesantren dengan konsep ekosofi melalui dimensi intelektual, dimensi spiritual, dan dimensi emosional. Usaha pertanian dilakukan bersama dengan masyarakat sekitar pesantren

Buku ini tidak diperjualbelikan.

dengan menerapkan pertanian berkelanjutan sebagai *sunatullah*, menghasilkan pupuk dan pestisida organik yang diproduksi sendiri dengan teknologi kearifan lokal menggunakan bahan sisa pengolahan hasil pertanian, dan mencukupi kebutuhan pangan secara mandiri. Manajemen pengolahan hasil pertanian dilakukan oleh pesantren melalui koperasi sekaligus melakukan proses pemasaran melalui kerja sama yang sudah dibangun pesantren dengan beberapa *supermarket* dan pasar tradisional. Kondisi akhir (Gambar 9.5) sebagai sistem ini memperbaiki kondisi ekonomi, sosial, dan budaya masyarakat desa menuju keberhasilan pembangunan pertanian di perdesaan. Pesantren dan alumni pesantren bersama dengan masyarakat desa bergerak mempercepat proses perubahan sosial untuk mencapai *output* sistem sebagai kondisi akhir. Proses ini pasti akan melalui banyak kendala, tetapi jika dilakukan secara konsisten dan bertanggung jawab, sistem yang ada akan menjadi besar, kuat, dan terus berkembang.

E. Penutup

Kearifan lokal dengan konsep ekosofi pada pesantren tradisional merupakan *input* dalam sistem perubahan sosial. Proses perubahan sosial menuju sistem pertanian berkelanjutan dilakukan pada bidang pendidikan pesantren dengan gagasan metode pembelajaran berbasis kearifan lokal dan ekosofi, pada bidang pertanian dengan penerapan pertanian berkelanjutan, dan pada berbagai kerja sama bersama masyarakat desa, lembaga terkait, pasar tradisional, dan pasar modern. Pendidikan pesantren dengan gagasan metode pembelajaran yang menerapkan kearifan lokal berdasarkan konsep ekosofi melalui dimensi intelektual, dimensi emosional, dan dimensi spiritual menghasilkan alumni santri sebagai agen perubahan. Agen perubahan adalah motor penggerak perubahan sosial. *Output* yang dihasilkan pesantren adalah mengembangkan pertanian berkelanjutan, pendidikan pertanian menerapkan nilai kearifan lokal dan ekosofi, dan manajemen pengolahan hasil pertanian dan pemasaran dilakukan bekerja sama dengan masyarakat desa. Peran kearifan lokal dan ekosofi pada proses perubahan sosial kelembagaan pesantren pertanian

Buku ini tidak diperjualbelikan.

berkelanjutan berdasarkan eksplorasi berfungsi mempermudah, menyeimbangkan, dan mempercepat proses perubahan sosial. Perubahan sosial merupakan jalan menuju kemandirian pesantren dan pertanian berkelanjutan untuk penyelamatan lingkungan dan adaptasi terhadap dampak perubahan iklim.

Referensi

Alikodra, H. S. (2020). *Era baru konservasi sumber daya alam dan lingkungan: Membumikan ekosofi bagi keberlanjutan umat*. IPB Press.

Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Henao, A., & Lana, M. (2015). Agroecology and the design of climate change-resilient farming system. *Agronomy for Sustainable Development*, *35*, 869–890. https://doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2

Amaliah, I., Aspirianti, T., & Purnamasari, P. (2015). The impact of the value of islamic job satisfaction in Tasikmalaya West Java, Indonesia, industrial centre. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *211*, 984–991. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.11.131

Amongjati, S. A., Kolopaking, L. M., & Saharudin. (2019). Inovasi sosial pesantren dalam menggerakkan pertanian dan perubahan sosial di desa. *Sodality: Jurnal Sosiologi Pedesaan*, *7*(2), 159–166. https://doi.org/10.22500/sodality.v7i2.26221

Asnawi, Y. H., Soetarto, E., Damanhuri, D. S., & Sunito, S. (2016). Values and tradition inheritance in the pesantren. *Research on Humanities and Social Sciences*, *6*(8), 27–31. https://www.iiste.org/Journals/index.php/RHSS/article/view/30277/31102

Giddens, A., & Duneier, M. (2000). *An introduction to sociology*. W.W. Norton and Company Incorporated.

Gorjestani, N. (2005). *Indigenous knowledge and achieving the millenium development goals. Indigenous knowledge – Learning from local communities: Global distance learning course* [Bahan paparan].

Indraddin, & Irwan. (2016). *Strategi dan perubahan sosial*. Penerbit Deepublish.

Kuasa, W., Rianse, U., Widayati, W., Sidu, D., Abdullah, W. G., Zulfikar Z. L., Syukur L. O., & Rianse, I. S. (2015). Local wisdom of farmers in meeting of local food. *IJSTAS*, *2*(1), 53–60. https://ojs.uho.ac.id/index.php/ijstas/article/view/635/440

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Levesque, S. (2016). Two version of ecosophy: Arne Naess, Félix Guattari, and their connection with semiotics. *Sign Systems Studies*, *44*(4), 511–541. https://dx.doi.org/10.12697/SSS.2016.44.4.03

Liliana, L. (2016). A new model of Ishikawa diagram for quality assessment. Dalam *IOP conference series: Material science and engineering*, *161* (012099). https://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/161/1/012099

Pesurnay, A. J. (2018). Local wisdom in a new paradigm: Applying system theory to the study of local culture in Indonesia. Dalam *IOP conference series: Earth and environmental science,volume175* (012037). https://doi.org/10.1088/1755-1315/175/1/012037

Rini, D. K., Adiwibowo, S., Alikodra, H. S., Hariyadi, & Asnawi Y. H. (2022). Pendidikan Islam pada pesantren untuk membangun ekosofi (ekologi filosofi) untuk penyelamatan lingkungan. *Edukasi Islami: Jurnal Pendidikan Islam*, *11*(03), 559–579. https://doi.org/10.30868/ei.v11i02.2779

Rini, D. K., Adiwibowo, S., Alikodra, H. S., Hariyadi, & Asnawi Y. H. (2023). Sustainability indicators of ecological philosophy (ecosophy) based on the agroecology islamic boarding school. *The International Journal of Interdisciplinary Educational Studies*, *18*(1), 13–34. https://doi.org/10.18848/2327-011X/CGP/v18i01/13-34

Wang, C. L., & Ahmed, P. K. (2003). Organisational learning: a critical review. *The Learning Organization*, *10*(1), 8–17. https://doi.org/10.1108/09696470310457469

Warfield, J. N. (2003). A proposal for system science. *Journal of System Research and Behaviour Science, 20*(6), 507–520. https://doi.org/10.1002/sres.528

Wahab, R. (2004). *Sejarah pendidikan Islam di Indonesia*. Alfabeta. http://library.fip.uny.ac.id/opac/index.php?p=show_detail&id=3431

Welton, M. (1993). Social revolutionary learning: The new social movements as learning sites. *Adult Education Quarterly*, *43*(3), 152–164. https://doi.org/10.1177/0741713693043003002

Widodo, S. (2011). Konsep, teori, dan paradigma pembangunan pertanian. Dalam T. Yuwono (Ed.), *Pembangunan pertanian: Membangun kedaulatan pangan*. Gadjah Mada University Press.

Wilken, G. C. (1990). *Good farmers: Traditional agricultural resource management in Mexico and Central America.* University of California Press.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Zald, M. N., & McCarthy, J. D. (2017). *Social movement is an organizational society: Collected essays*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315129648

Ziemek, M. (1986). *Pesantren dalam perubahan sosial* (B. B. Soendjojo, penerj.). P3M.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Bab 10

Peran Radio Komunitas sebagai Aktor Lokal dalam Rehabilitasi Kerusakan Lingkungan

Dede Lilis Chaerowati & Idi Subandy Ibrahim

A. Mengomunikasikan Perubahan Iklim di Akar Rumput

Pemanasan global ditengarai menjadi penyebab meningkatnya suhu bumi sebagai salah satu dampak perubahan iklim. Dalam laporannya, PBB menyatakan bahwa suhu bumi sekarang mengalami kenaikan 1,1°C pada akhir tahun 1800-an dan dekade 2011–2020 adalah periode dengan kenaikan suhu bumi terpanas. Bumi sebagai suatu sistem yang saling terhubung akan mengalami perubahan secara keseluruhan ketika di satu area mengalami perubahan. Perubahan iklim memiliki konsekuensi serius yang dapat mengakibatkan kejadian iklim ekstrem, seperti kekeringan hebat, kelangkaan air, kebakaran hutan besar-besaran, banjir, mencairnya es kutub yang

D. L. Chaerowati* & I. S. Ibrahim
Universitas Islam Bandung, *e-mail: dede.lilis@unisba.ac.id

© 2023 Editor & Penulis
Chaerowati, D. L., & Ibrahim, I. S. (2023). Peran radio komunitas sebagai aktor lokal dalam rehabilitasi kerusakan lingkungan. Dalam Elza Surmaini, Lilik Slamet Supriatin, & Yeli Sarvina (Ed.), *Teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim* (263–288). Penerbit BRIN.
DOI: 10.55981/brin.901.c725, E-ISBN: 978-623-8372-46-1

Buku ini tidak diperjualbelikan.

menyebabkan naiknya permukaan air laut, hingga terjadinya badai hebat dan menurunnya keanekaragaman hayati.

Untuk mengatasi perubahan iklim dan dampak negatifnya, para pemimpin dunia pada 12 Desember 2015 telah mencapai kesepakatan Perjanjian Paris pada Konferensi Perubahan Iklim PBB (COP 21) di Paris. Perjanjian internasional ini mengikat secara hukum dan mulai berlaku pada 4 November 2016. Saat ini, 194 pihak, yakni 193 negara ditambah Uni Eropa telah bergabung dengan Perjanjian Paris. Perjanjian ini menetapkan tujuan jangka panjang untuk memandu semua negara yang salah satunya ialah memperkuat ketahanan dan meningkatkan kemampuan untuk beradaptasi dengan dampak iklim (United Nations, t.t.-a).

Untuk menghadapi perubahan iklim, setiap negara dan masyarakat perlu terlibat dalam mengembangkan solusi adaptasi dan menerapkan tindakan untuk menghadapi dampak perubahan iklim saat ini dan pada masa mendatang untuk menekan peningkatan suhu bumi yang lebih tinggi. Tindakan adaptasi ini dapat dilakukan dalam berbagai bentuk, bergantung pada konteks unik komunitas, bisnis, organisasi, negara, atau wilayah. Tidak ada "solusi satu ukuran untuk semua" (United Nations Climate Change, t.t.).

Adaptasi yang berhasil tidak hanya bergantung pada pemerintah, tetapi juga pada keterlibatan para pemangku kepentingan, termasuk komunitas lokal. Pihak Konvensi Kerangka Kerja PBB mengenai Perubahan Iklim (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) dan Perjanjian Paris mengakui bahwa adaptasi merupakan tantangan global yang harus dihadapi oleh semua pihak dengan dimensi lokal, subnasional, nasional, regional, dan internasional. Tindakan adaptasi tidak hanya mengikuti pendekatan yang digerakkan oleh negara, tetapi juga tanggap gender, partisipatif, dan transparan dengan mempertimbangkan kelompok, komunitas, dan ekosistem yang rentan. Adaptasi juga perlu didasarkan dan dipandu oleh ilmu pengetahuan yang tersedia, bahkan jika sesuai, juga dengan pengetahuan tradisional, pengetahuan masyarakat adat, dan sistem pengetahuan lokal, yang mengintegrasikan adaptasi ke dalam kebijakan dan tindakan sosial.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Bab ini akan khusus membahas tentang komunikasi dan perubahan iklim di masyarakat. Mengomunikasikan perubahan iklim adalah tentang mendidik dan memobilisasi khalayak mengambil tindakan untuk menghadapi krisis iklim. Setiap orang dapat berperan dengan mengangkat suara mereka, berbagi solusi, dan mengadvokasi perubahan yang dibentuk oleh pengalaman yang berbeda, konteks budaya, dan nilai-nilai yang mendasarinya (United Nations, t.t.-b). Berkomunikasi tentang perubahan iklim, mengajukan solusi adaptasi, serta mengambil tindakan sosial sangat mungkin dilakukan oleh media komunikasi di level komunitas, yakni radio komunitas. Mengapa demikian? Alasannya ialah karena secara sederhana, radio komunitas diartikan sebagai radio dari, oleh, untuk, dan tentang komunitas. Radio ini menjadikan komunitas sebagai basis operasionalisasi (Chaerowati dkk., 2013).

B. Radio Komunitas: Media Diseminasi Informasi Perubahan Iklim

Radio komunitas merupakan media yang penting dalam memberikan akses informasi bagi masyarakat yang selama ini dipinggirkan oleh media arus utama, terutama pada masyarakat di daerah terpencil, pinggiran, dan *blank spot area* (Maryani, 2011; Ibrahim & Akhmad, 2014). Radio komunitas juga memberikan ruang bagi masyarakat untuk saling berbagi informasi serta mewacanakan pengetahuan lokal yang dapat memberikan solusi atas berbagai persoalan di masyarakat, termasuk permasalahan perubahan iklim dan adaptasi masyarakat.

Kekuatan pancaran maksimum sekitar 100 watt effective radiated power (ERP) pada ban FM *broadcast*, dengan ketinggian antena maksimum sekitar 30 meter, sudah cukup untuk melayani wilayah 36 km persegi. Studio mini yang mungkin hanya bermodalkan kaset *recorder stereo*, *mixer*, dan CD *player* sudah cukup untuk memberikan layanan informasi, pengetahuan, maupun hiburan bagi masyarakat sekitar. Mengingat kebanyakan radio komunitas dibuat oleh komunitas sendiri, rasa memiliki dan menjadi bagian dari komunitas sekitar jadi sangatlah kental.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Keberadaan radio komunitas kemudian memfasilitasi masyarakat untuk berbagi pengetahuan dan mendorong masyarakat kecil untuk menuangkan pengetahuannya dan menjadi produsen pengetahuan. Posisi sebagai produsen pengetahuan menjadi penting artinya karena mendorong kepercayaan diri dan kemandirian sehingga menjadi nilai tambah bagi sistem yang ada. Tak heran, kemudian muncul banyak jaringan radio komunitas (JRK), seperti Serikat Paguyuban Petani Qaryah Tayyibah (SPPQT), Jaringan Radio Suara Petani (JRSP), Jaringan Radio Suara Nelayan (JRSN), Jaringan Radio Suara Buruh (JRSB), dan Jaringan Radio Komunitas Indonesia (JRKI). Sebagai contoh profil sebuah jaringan radio, JRSP sudah dibentuk sejak 1999, terutama di wilayah Jawa Barat, yang memiliki sekitar 600 radio komunitas.

Perkembangan radio komunitas juga tidak bisa dipisahkan dari perjuangan masyarakat pinggiran yang dimarginalisasi untuk memperoleh informasi yang dekat dengan kehidupan mereka dan menyuarakan kepentingannya. Perkembangan radio komunitas diakui oleh pengelola radio komunitas di desa yang masih banyak mengandalkan informasi dan hiburan dari radio. Bagi mereka, radio lebih mudah diakses di mana pun mereka berada dan lebih murah. Untuk mendirikan radio komunitas, tidak memerlukan biaya terlalu mahal sehingga lebih mungkin terjangkau oleh masyarakat di daerah.

Istilah "radio komunitas" di Indonesia baru muncul dan dikenal sekitar awal tahun 2000-an, tepatnya sejak advokasi Rancangan Undang-Undang Penyiaran (Abda, 2008). Menurut Jurriëns (2003), "Sejak Reformasi, dunia radio di Indonesia mengalami perubahan penting. Salah satu perkembangan baru adalah munculnya radio komunitas, yang berfungsi sebagai alternatif untuk radio pemerintah dan radio swasta. Praktisi radio komunitas berjuang supaya aktivitas mereka diakui secara hukum dan dimuat dalam Undang-Undang Penyiaran baru." Kemudian, istilah "radio komunitas" ditegaskan oleh UNESCO dengan menerbitkan *Community Radio Handbook*. Buku ini banyak dipakai oleh praktisi radio komunitas di Indonesia sehingga sedikit banyak memperlihatkan peran UNESCO bagi perkembangan radio komunitas di Indonesia.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Pemerintah Indonesia menerbitkan Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2002 tentang Penyiaran yang mencantumkan keberadaan radio komunitas di dalamnya. Namun, ketika penyiaran masih menggunakan teknologi analog, radio komunitas hanya memperoleh alokasi tiga buah *channel* di ban FM, yakni frekuensi 107–109 yang diperebutkan oleh ratusan radio komunitas. Sementara itu, sisa *channel* lainnya digunakan oleh industri penyiaran padat modal untuk membeli frekuensi kepada pemerintah (Purbo, 2004). Meskipun demikian, kebijakan ini tidak lantas membuat perjuangan pengelola radio komunitas menjadi surut. Radio komunitas tetap tumbuh di berbagai daerah di Indonesia. Hingga 2013, terdapat 19 jaringan radio komunitas (JRK) wilayah provinsi yang bergabung dengan Jaringan Radio Komunitas Indonesia (JRKI). Jawa Barat merupakan provinsi dengan jumlah radio komunitas terbanyak dibandingkan provinsi lainnya. Berdasarkan data Direktori Lembaga Penyiaran Berizin dari Komisi Penyiaran Indonesia Daerah (KPID) Jawa Barat, terdapat 152 radio komunitas yang tersebar di berbagai kota dan kabupaten, yakni terdiri atas 11 radio komunitas yang sudah mendapatkan izin pelaksanaan penyiaran (IPP) dan 141 radio komunitas yang sudah mendapat persetujuan Forum Rapat Bersama untuk mendapatkan izin (Wahyudin dkk., 2015).

C. Kerusakan Lingkungan di Desa Mandalamekar

Permasalahan terbesar yang pernah terjadi di Desa Mandalamekar sebagai desa berbasis pertanian ialah mulai mengeringnya sumber mata air serta kondisi hutan lindung yang mulai gundul. Hal ini menggerakkan para aktor sosial untuk melakukan penghijauan kembali hutan lindung dengan menjadikan radio komunitas sebagai media untuk membangun kesadaran masyarakat akan pentingnya konservasi alam. Radio tersebut ialah Radio Komunitas Ruyuk 107,8 FM, nama yang tidak asing di kalangan pegiat jaringan radio komunitas di Jawa Barat. Radio komunitas ini dikelola oleh warga dan untuk warga—artinya dikelola oleh komunitas—serta tidak berorientasi komersial dan selalu dipelihara konsistensi siarannya.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Radio komunitas ini berdiri, menurut Kepala Desa Mandalamekar, berawal dari gundulnya hutan desa yang selama ini menjadi *tanah harem* (tanah adat desa) sehingga menyebabkan Desa Mandalamekar terancam kegersangan dan sumber mata air sudah banyak yang mengalami kekeringan. Sementara itu, sumber air yang tersisa mulai menjadi rebutan warga antardesa dengan saling mengeklaim bahwa sumber mata air tersebut masuk ke dalam wilayah desanya masing-masing. Konflik pun mulai terjadi karena setiap warga membutuhkan air untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari mereka dan untuk mengairi sawah karena mayoritas penduduk bermata pencaharian sebagai petani yang tentu saja sangat bergantung pada ketersediaan air untuk bercocok tanam.

Pada tahun 2002, ketika para pemuda mudik ke desa dan melihat sendiri kerusakan hutan dan ancaman bencana kekeringan, beberapa pemuda mulai menyadari bahwa hutan desa harus segera dikembalikan kondisinya menjadi hijau agar ancaman kekeringan tidak bertambah parah. Muncul kesadaran sekelompok pemuda untuk menyelamatkan desanya dengan berupaya mengembalikan penghijauan hutan desa. Mereka adalah anak muda desa yang merantau ke Kota Tasikmalaya dan sekitarnya serta beberapa kota besar. Mereka menyampaikan keprihatinan akan gundulnya hutan lindung desa kepada kepala desa (kades) saat itu, tetapi tidak mendapatkan tanggapan.

Akhirnya, mereka pun memutuskan untuk mengambil langkah sendiri tanpa dukungan pemerintah desa untuk melakukan reboisasi. Dengan dibantu oleh beberapa anak muda yang tinggal di desa, mereka yang merantau bolak-balik ke desa hampir setiap minggu untuk mulai menanami kembali area hutan yang gundul dengan membawa bibit tanaman sendiri. Untuk memperkuat gerakan penghijauannya, mereka kemudian mengorganisasi diri sebagai kelompok swadaya masyarakat peduli lingkungan dengan nama Mitra Alam Munggaran (MAM) yang memiliki arti 'teman alam'.

Kelompok MAM ini kemudian bertekad menginisiasi konservasi *tanah harem* desa untuk dikembalikan menjadi hutan lindung seluas 40 ha. Kelompok ini diprakarsai oleh sepuluh pemuda yang salah

Buku ini tidak diperjualbelikan.

satunya ialah Yana Noviadi dengan dibantu Irman, adik kandungnya, yang saat itu tengah bekerja di luar Pulau Jawa. Upaya mereka selama beberapa tahun tidak didukung oleh pemerintah desa saat itu dan tidak juga mendapat dukungan dari masyarakat. Masyarakat belum menyadari akan arti penting hutan hijau bagi kehidupan mereka sebagai petani. Namun, pegiat MAM terus saja menanami hutan setiap hari tanpa henti.

Pada tahun 2007, berlangsung pemilihan kuwu (kepala desa) di Mandalamekar. Penggerak MAM, Yana Noviandi, didukung untuk menjadi kandidat calon kades sebagai representasi anak muda keturunan penduduk asli desa. Hal ini dikarenakan beberapa kades sebelumnya bukanlah dari golongan anak muda, serta adanya fanatisme kedaerahan akibat beberapa kades sebelumnya juga bukan penduduk keturunan asli dari Desa Mandalamekar. Gerakan penghijauan yang diinisiasi oleh Yana pun memberikan harapan setidaknya bagi para pendukungnya akan perubahan bagi Desa Mandalamekar. Langkah Yana untuk terlibat dalam kancah politik desa juga mendapat dukungan dari para pemuda MAM. Untuk memenangkan pemilihan kuwu, salah seorang aktivis MAM mengusulkan gagasan untuk mendirikan radio komunitas di Desa Mandalamekar sebagai salah satu program kampanyenya.

Ketika itu, ada anggota MAM yang tengah merantau bekerja ke berbagai daerah di Indonesia dan terlibat dalam berbagai program pembangunan di desa-desa tertinggal hingga daerah perbatasan. Kondisi saat itu bersamaan dengan mulai bermunculannya radio komunitas di berbagai daerah di Indonesia. Ketika di Papua, dia menyaksikan perubahan yang signifikan pada satu desa yang lebih cepat maju karena didukung oleh radio komunitas sebagai media masyarakat. Pengalaman itulah yang kemudian menjadi inspirasi baginya untuk mengusulkan gagasan mendirikan radio komunitas di Desa Mandalamekar.

Awal Oktober 2007, Radio Komunitas Ruyuk FM akhirnya didirikan oleh kelompok masyarakat peduli lingkungan, MAM, sebagai representasi masyarakat Desa Mandalamekar. Tujuannya

Buku ini tidak diperjualbelikan.

untuk memajukan masyarakat di bidang komunikasi dengan menjembatani sulitnya komunikasi antara masyarakat yang satu dan yang lain. Radio komunitas menjadi bagian penting sebagai media untuk menyampaikan informasi dan berkomunikasi dengan warga masyarakat mengingat berbagai keterbatasan kondisi yang ada di desanya.

Pemerintah Desa Mandalamekar kala itu sedang fokus menginisiasi konservasi hutan lindung yang sudah kritis. Pemerintah Desa Mandalamekar membuat peraturan desa (perdes) tentang larangan mengambil atau menebang pohon dan menembak satwa-satwa di hutan, tetapi pemberlakuan perdes ini mendapat tekanan dari warga yang tinggal di desa maupun warga desa yang merantau sehingga Pemerintah Desa Mandalamekar merasa perlu segera membangun media komunikasi untuk memudahkan memberikan penjelasan dan informasi yang akan menyadarkan masyarakat tentang arti penting menjaga kelestarian hutan lindung desa. Di samping itu, mayoritas masyarakat ialah petani yang notabene sangat bergantung pada ketersediaan air dan hutan lindung merupakan sumber mata air bagi masyarakat. Membangun kesadaran masyarakat menjadi sangat penting karena hutan desa harus segera dilindungi dan masyarakat harus mendukung gerakan menanam pohon di area hutan lindung yang sudah kritis seluas 40 ha. Dengan berdirinya Ruyuk FM sebagai media untuk menyampaikan informasi pemerintah desa kepada masyarakat, diharapkan program kerja Pemerintah Desa Mandalamekar juga bisa menjadi program bersama dengan warga.

Selain itu, siaran radio komunitas juga dianggap tidak akan mengganggu aktivitas keseharian warga karena program siaran radio bisa didengarkan sambil warga beraktivitas. Keprihatinan Pemerintah Desa Mandalamekar pada program acara televisi bagi anak-anak dan remaja di desanya juga menjadi perhatian sehingga keberadaan Ruyuk FM diharapkan dapat mengurangi anak-anak di desa agar tidak banyak menonton sinetron televisi yang tidak mendidik.

Keseriusan Pemerintah Desa Mandalamekar dan pengelola Ruyuk FM untuk menyuarakan keprihatinan atas lingkungan lewat

Buku ini tidak diperjualbelikan.

konservasi hutan tecermin dari nama radio komunitas itu sendiri, yakni *ruyuk*, yang dalam ungkapan bahasa Sunda berarti 'semak' atau 'hutan belukar', untuk menggambarkan kepedulian mereka pada hutan lindung desa yang menjadi keprihatinan masyarakat. Selain itu, kata *ruyuk* juga mudah mereka ucapkan.

Ruyuk FM memiliki moto "*Leuweung Hejo Rayat Ngejo, Leuweung Ruksak Rayat Balangsak*", yang artinya hutan lestari rakyat makmur, hutan gundul hidup rakyat pasti susah. Sapaan pada pendengar di udara juga sangat kental nuansa lingkungan, yakni "*Dulur Ruyuk Baraya Alam*" yang artinya saudara Ruyuk, saudara alam. Moto dan sapaan ini memperlihatkan orientasi Radio Komunitas Ruyuk untuk menanamkan dalam benak warga tentang orientasi hidup mereka yang harus berpusat pada hutan dan alam karena keberadaan hutan dan kedekatan dengan alam merupakan modal warga untuk hidup makmur dan sejahtera.

Dari situ, peran Radio Komunitas Ruyuk FM 107,8 MHz sebagai anggota JRK Jawa Barat amat penting dalam merehabilitasi persoalan kerusakan lingkungan. Radio yang terletak tepatnya di Dusun Cinunjang, Desa Mandalamekar, Kecamatan Jatiwaras, Kabupaten Tasikmalaya, ini kehadirannya makin diperlukan ketika persoalan-persoalan di masyarakat tidak lagi hanya cukup diselesaikan dengan berkomunikasi secara tatap muka (*face to face*). Kendala topografi Desa Mandalamekar yang berada di daerah pegunungan dengan jarak antardusun yang cukup jauh serta kondisi jalan yang naik-turun dan kurang memadai menjadi hambatan serius untuk berlangsungnya komunikasi tatap muka di antara pihak pemerintah desa dan anggota masyarakat serta di antara anggota masyarakat itu sendiri.

Realitas kontur wilayah ini tidak kemudian dijadikan sebagai hambatan untuk memupus asa komunikasi komunitas, tetapi justru menjadi daya dorong munculnya gagasan di kalangan segelintir anggota masyarakat sebagai aktor sosial untuk menjadikan radio komunitas sebagai media komunikasi interaktif antara penyiar, anggota masyarakat (warga), dan aparat pemerintah desa. Bahkan, keberadaan Ruyuk FM pada perkembangannya kemudian turut

Buku ini tidak diperjualbelikan.

memengaruhi transformasi sosial masyarakat Desa Mandalamekar akan pentingnya konservasi alam bagi keberlangsungan dan kesejahteraan hidup mereka.

Fenomena Radio Komunitas Ruyuk FM menjadi menarik untuk dikaji, ditambah lagi dengan kekhasan yang dimilikinya dibandingkan radio komunitas lainnya. *Pertama*, berdasarkan data dari Direktori Komisi Penyiaran Indonesia Daerah (KPID) Jawa Barat pada 2015, Radio Komunitas Ruyuk FM merupakan satu-satunya radio komunitas di wilayah Tasikmalaya—baik di tingkat Kota maupun Kabupaten Tasikmalaya—yang sudah memperoleh Izin Penyelenggaraan Penyiaran (IPP) dengan Nomor 761 Tahun 2013. Sementara itu, enam radio komunitas lainnya di Kabupaten Tasikmalaya dan satu radio komunitas di Kota Tasikmalaya masih dalam proses mendapatkan persetujuan Forum Rapat Bersama untuk mendapatkan IPP.

*Kedua, s*elain Radio Komunitas Ruyuk FM telah memperoleh IPP, dari sebelas radio komunitas yang telah memperoleh IPP, hanya Ruyuk FM yang memiliki kepedulian khusus pada isu lingkungan, tepatnya gerakan penghijauan bagi masyarakat Desa Mandalamekar. Isu lingkungan merupakan isu yang masih sangat jarang dibidik menjadi orientasi utama radio komunitas. Selain itu, isu lingkungan yang menjadi isu awal pendirian Ruyuk FM juga berangkat dari persoalan yang terjadi di masyarakatnya. Hal ini seperti sudah ditelusuri dari riwayat awal berdirinya Ruyuk FM.

Lalu, bagaimana dengan kehadiran radio-radio komunitas yang lainnya? Sudah cukup banyak juga kajian tentang radio komunitas, tetapi hanya Ruyuk FM yang memosisikan dirinya sebagai radio komunitas untuk mendorong melakukan konservasi alam bagi keberlangsungan hidup masyarakat. Selama ini, studi radio komunitas di Indonesia lebih banyak dikaji dari perspektif demokratisasi, keterbukaan informasi, serta transparansi pemerintah. Carlos A. Arnaldo dalam *Community Radio Handbook* mengungkapkan bahwa memang "Radio komunitas ialah proses atau kegiatan sosial di mana anggota komunitas bergabung bersama untuk mendesain program-program dan memproduksi serta mengudarakannya. Kemudian

Buku ini tidak diperjualbelikan.

mengambil peran utama sebagai aktor-aktor dalam mencapai tujuan mereka sendiri" (Fraser & Estrada, 2001).

Dengan demikian, keberadaan radio komunitas di berbagai daerah memang berangkat dari persoalan berbeda bergantung kebutuhan masyarakatnya. Ada radio komunitas yang muncul dalam menanggapi ancaman gempa bumi di daerah dan berupaya menciptakan solidaritas guna membantu masyarakat yang terkena bencana dengan cara mengakomodasi kepentingan kelompok sosial marginal dan melibatkan masyarakat ke dalam ruang publik melalui radio komunitasnya, seperti radio komunitas di daerah Timbulharjo, Minomartani, dan Wiladeg, Yogyakarta (Birowo, 2010).

Selain itu, juga terdapat radio komunitas yang berupaya menumbuhkan kesadaran komunitas terhadap dominasi yang dialami masyarakat sehingga memunculkan resistensi yang diungkapkan melalui radio komunitas. Radio memperkuat dan menyuarakan kepentingan komunitas, bahkan berkembang pada resistensi terhadap kebijakan pemerintah yang memarginalkan komunitas, seperti resistensi sebagai kritik budaya Jawa dan budaya patriarki yang dinilai memarginalkan kelompok perempuan, misalnya Radio Komunitas Angkringan di Desa Timbulharjo, Yogyakarta (Maryani, 2011).

Selanjutnya, terdapat radio komunitas yang berorientasi pada upaya memberikan pelayanan berbasis masyarakat (*community based services*) sebagai spirit para pengelola dengan jiwa voluntarisme sebagai dasar kinerjanya dalam mengentaskan persoalan di masyarakat, misalnya pada tiga radio komunitas di daerah Karesidenan Cirebon, yakni Baina FM, Bhuana FM, dan Caraka FM yang memperlihatkan bahwa kondisi sosio-demografis masyarakat yang melatari pendirian, tujuan, dan operasionalisasi radio komunitas tersebut (Chaerowati dkk., 2016).

Lebih lanjut, di luar Indonesia, ada radio komunitas yang turut andil dalam pembangunan desa, seperti di kalangan masyarakat miskin di Kenya. Di sini, radio komunitas mampu memunculkan partisipasi masyarakat guna menciptakan pemerintahan yang transparan dan memiliki akuntabilitas. Radio komunitas juga menjadi

Buku ini tidak diperjualbelikan.

medium penopang proses interaktif masyarakat miskin yang termarginalisasi untuk menjadi pihak yang didengar dan memiliki informasi sehingga mampu mempertajam opini yang berpengetahuan, belajar saling memberi dan menerima dalam dialog informasi, serta menjadi agen penentu dalam pembangunan dirinya (Wabwire, 2013). Ada juga radio komunitas yang peka terhadap isu perubahan iklim. Fenomena ini seperti yang terjadi di Ghana. Radio komunitas berupaya memengaruhi perubahan sosial dan membangun inisiatif warga dengan mengembangkan pendekatan baru yang dilakukan oleh para penyiar radio melalui upaya investigasi, komunikasi, dan perdebatan yang lebih luas mengenai dampak perubahan iklim pada komunitas-komunitas yang rentan serangan di Ghana (Harvey, 2011).

D. Aktor Sosial Lokal yang Peduli Lingkungan

Gambaran penduduk Desa Mandalamekar memperlihatkan sebagian besar masyarakatnya berusia 40 tahun ke atas daripada anak-anak muda yang lebih banyak berminat untuk merantau di berbagai daerah dengan alasan desanya tidak banyak memberikan harapan mereka untuk lebih berkembang apalagi untuk maju. Alhasil, para pelaku pembaharu di Desa Mandalamekar ialah mereka yang sudah tidak lagi terbilang pemuda, tetapi mereka sangat peduli dan terpanggil hati nuraninya untuk menjadikan desanya sebagai desa yang berkembang dan bisa memberi harapan hidup masyarakat menjadi lebih baik.

Merekalah para pemikir, penggerak, dan pelaku perubahan sosial di Desa Mandalamekar. Mereka aktor sosial lokal. Mereka berusaha menyadarkan dan meyakinkan masyarakat bahwa desanya bisa menjadi desa harapan. Perjuangan mereka untuk perubahan tidaklah mudah. Mereka mengalami mulai dari cibiran, pandangan sinis, pandangan meragukan, dan tidak ada dukungan, hingga akhirnya diakui, disadari, didukung, dan dicontoh oleh masyarakat atas apa yang mereka perbuat. Perjuangan mereka bahkan mencapai belasan tahun. Mereka ialah para pekerja keras yang pantang menyerah dan konsisten dengan keyakinan bahwa siapa lagi yang akan mengubah

Buku ini tidak diperjualbelikan.

desa mereka jika bukan mereka sendiri yang peduli dengan desanya, tanah kelahirannya (Chaerowati, 2017).

Sepak terjang para aktor sosial komunitas lokal ini sudah dilakukan dalam kurun waktu yang cukup lama dan telah membawa Desa Mandalamekar mengalami banyak perubahan ke arah yang lebih baik dan lebih maju dalam banyak bidang dibandingkan desa-desa lain di sekitarnya, bahkan mungkin desa-desa lain di banyak daerah di Indonesia. Namun, hingga kini mereka tetap terus berusaha dan bekerja agar mimpi mereka tentang membangun Desa Mandiri terus hidup dan dihidupkan bersama dengan masyarakat desanya.

Selain aktor sosial dari kalangan masyarakat, tokoh formal dan informal Desa Mandalamekar juga menjadi pihak yang turut menggerakkan masyarakat dalam proses transformasi sosial. Peran tokoh-tokoh ini juga sangat strategis dalam proses kemajuan desanya. Tokoh formal ialah Kepala Desa Mandalamekar yang membuka diri dengan cara berkolaborasi dan bersinergi dengan aktor sosial masyarakat dengan cara mengakomodasi, bahkan tidak jarang juga mengagendakan isu-isu dari aktor sosial sebagai isu penting dalam program pembangunan di desa. Selain itu, tokoh informal penting lainnya ialah sesepuh agama yang juga memosisikan diri sebagai orang tua yang ikut mendukung langkah-langkah yang diambil oleh para aktor sosial serta kebijakan yang ditetapkan tokoh formal, tetapi mereka juga turut menyumbangkan pemikiran untuk kemajuan desa jika dirasa menyumbangkan energi sudah tidak mungkin lagi.

E. Peran Media dalam Membuka Akses Informasi

Kondisi Desa Mandalamekar pada awal tahun 2000 sudah mulai dilanda kegersangan dan kekeringan sumber air sehingga persoalan ini dianggap tidak bisa lagi dibiarkan dan mereka tidak bisa terus berharap dari anggaran pemerintah kabupaten, mengingat tingkat persaingan dengan desa-desa lain yang juga sama-sama memerlukan dana pembangunan. Persoalan muncul, bagaimana warga Mandalamekar menghadapi masalah sumber air yang serius. Pemerintah desa kemudian membuat peraturan desa yang melarang

Buku ini tidak diperjualbelikan.

masyarakat mengganggu *tanah harem* atau tanah adat desa, seperti menebang pohon atau menembak satwa hutan, untuk dijadikan area hutan konservasi sebagai hutan sumber mata air. Peraturan desa tersebut sempat memunculkan reaksi keras dari masyarakat dan bahkan pemerintah desa mendapatkan tekanan dari masyarakat dan warganya yang merantau. Hal itu terjadi di tahun 2007, ketika mereka sulit mendapatkan dukungan untuk memberlakukan perdes tersebut karena belum adanya kesadaran masyarakat akan pentingnya hutan konservasi bagi kehidupan mereka.

Dari peristiwa itulah, muncul kebutuhan akan media untuk sosialisasi dan komunikasi intensif dengan masyarakatnya. Mereka kemudian mendirikan Radio Komunitas Ruyuk FM sebagai media komunitas untuk menyuarakan pentingnya hutan konservasi bagi masyarakat desanya. Ruyuk FM menjadi media komunikasi dengan masyarakat. Keberadaannya dijadikan sebagai "media di dalam desa" untuk memajukan komunikasi masyarakat (Chaerowati, 2017). Bagi para penggagasnya, dipilihnya radio sebagai media komunikasi komunitas ialah karena radio merupakan media yang mudah dipahami dan dekat dengan budaya lisan di masyarakat sehingga sangat memungkinkan untuk bisa dilakukan oleh orang desa dengan gaya bersiaran radio yang berbincang-bincang, seperti sedang mengobrol. Berbicara berjam-jam itu mungkin untuk dilakukan oleh warga yang menjadi penyiar, sedangkan kalau lewat tulisan sulit untuk dilakukan. Selain itu, keberadaan radio komunitas di desa juga menumbuhkan semangat yang baru bagi masyarakat karena semangat tersebut datangnya dari masyarakat desa.

Perkembangan pada awal tahun 2009 memunculkan gagasan baru dari anggota masyarakat agar Kepala Desa Mandalamekar (Kades) beralih mengenalkan desa dengan memanfaatkan jaringan internet karena diasumsikan biayanya lebih murah, dengan penyampaian pesan yang lebih luas, tidak hanya menjangkau tingkat kabupaten, provinsi atau nasional, tetapi juga bisa benar-benar mendunia. Kades menyetujui gagasan tersebut dengan tujuan agar Mandalamekar bisa lebih dikenal dan diketahui kondisi desanya, terutama oleh pemerintah.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Dengan cara ini, Mandalamekar juga akan dikenal oleh dunia luar. Akhirnya pada 2009, dengan memanfaatkan fasilitas internet yang gratis, dibuatlah blog desa dengan nama "mandalamekar.wordpress.com". Kendala awal yang dihadapi ialah bahwa mengelola blog ternyata tidaklah mudah karena masyarakat desa, termasuk Kades, tidak tahu banyak tentang komputer, apalagi internet. Namun, Kades yakin bahwa saran ini pasti baik. Saat itu sinyal untuk jaringan internet masih sulit didapatkan di desa sehingga Kades merasa perlu untuk meminta bantuan pemuda desa yang merantau ke daerah kota untuk menjadi pengelola blog karena di daerah perkotaan sinyal jaringan internet lebih mudah diperoleh.

Dari sinilah tonggak pertama Mandalamekar mulai terintegrasi dengan "dunia luar" dan dengan dukungan teknologi informasi dan komunikasi memungkinkannya berkembang menjadi desa berkelanjutan (Chaerowati & Ibrahim, 2019). Di satu sisi, tulisan-tulisan tentang keadaan desa ini mulai menjadi hal menarik bagi orang-orang luar. Di sisi lain, blog desa itu pun berfungsi sebagai media untuk mengobati kerinduan warga desa yang merantau karena bisa mengetahui kondisi terkini desanya. Seiring munculnya beragam tulisan yang memperlihatkan berbagai program yang dilakukan di desa serta bagaimana kemudian masyarakat dan pemerintah desa bekerja sama dalam merealisasikan program-program tersebut, akhirnya beberapa anak muda yang merantau mulai tertarik untuk kembali ke desa. Ada perubahan sangat signifikan dengan adanya blog tersebut karena menumbuhkan imajinasi pada warga yang merantau bahwa ada peluang untuk hidup sejahtera di desa.

Alasan yang membuat Kades tertarik untuk beralih orientasi pada pembangunan sistem informasi di desa awalnya dilatarbelakangi dari alasan hanya ingin menyatakan bahwa desa ini ada karena ketika berbicara Mandalamekar, orang luar, terutama pemerintah, tidak mengenalnya. Lalu, bagaimana Kades bisa bersaing dan mendapatkan bantuan dana untuk pembangunan, sedangkan anggaran pemerintah tidak mencukupi? Berharap dari jalur birokrasi konvensional juga hanya mendatangkan kekesalan dan tidak ada yang bisa membuat

Buku ini tidak diperjualbelikan.

perubahan di desa. Dari pengalaman tersebut, Kades mengambil langkah yang berbeda, langkah di dunia informasi.

Langkah pemerintah desa untuk mengembangkan sistem informasi desa tidak hanya berhenti pada blog karena baginya sistem informasi desa harus terus dikembangkan. Sinergi antara pemerintah desa dan partisipasi warga membuat keberadaan Mandalamekar berbeda dari desa lainnya. Ini adalah potensi besar bagi desa untuk berkembang. Atas dasar itulah, kemudian Pemerintah Desa Mandalamekar meningkatkan blognya dengan membuat *website*. Alasannya ialah karena *website* tidak hanya untuk pengelolaan sistem informasi, tetapi juga pengelolaan data untuk kepentingan pembenahan sistem administrasi desa.

Kades pun menyetujuinya dan mendaftar untuk membuat portal di domain go.id. Namun, ternyata domain go.id hanya untuk lembaga pemerintah hingga tingkat kabupaten saja sehingga lembaga tingkat desa tidak dapat menggunakannya. Mereka pun disarankan oleh Jaringan Radio Komunitas Indonesia (JRKI) untuk membuatnya di domain or.id yang diperuntukkan bagi lembaga nonpemerintah. Akhirnya, Desa Mandalamekar memiliki portalnya sendiri dengan nama "mandalamekar.or.id", yang tidak hanya sebagai sistem informasi, tetapi juga sistem administrasi.

Ketika Mandalamekar mengunggah tulisan tentang diraihnya penghargaan lingkungan *Seacology Prize* oleh salah seorang warga Mandalamekar dari salah satu lembaga asing yang berpusat di Amerika Serikat, tulisan itu pun menarik perhatian banyak pihak. Bahkan, beberapa pengelola media arus utama melakukan penelusuran untuk mengangkatnya sebagai sumber berita. Ketika itu, perwakilan dari berbagai media pun secara bergiliran mengunjungi Desa Mandalamekar untuk dijadikan objek pemberitaan. Sebut saja, misalnya, surat kabar *Pikiran Rakyat* yang tidak hanya memberitakan, tetapi juga melakukan pembinaan terhadap warga khususnya pembinaan tentang pengelolaan media bagi kru Ruyuk FM. Menyusul kemudian, muncul pemberitaan di *Kompas* dan *Media Indonesia* serta di beberapa media lainnya, hingga diliput oleh *Radar TV* dan *TvOne*.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Rupanya, menggunakan domain or.id yang umumnya digunakan oleh lembaga nonpemerintah dirasa kurang tepat karena desa ialah lembaga pemerintahan di tingkat bawah. Kemudian, pemerintah desa memperjuangkan hak untuk memiliki domain sendiri, yakni desa.id. Akhirnya, pada Mei 2013, domain desa.id diluncurkan dan Mandalamekar menjadi satu di antara empat desa yang meluncurkan pertama kali portal desa tersebut. Portal Desa Mandalamekar pun berpindah menjadi "mandalamekar.desa.id".

Sejak 2012, sinyal jaringan internet mudah diperoleh di kawasan Desa Mandalamekar. Fasilitas ini pun juga dijelaskan kepada warga agar mereka menjadi lebih memahami manfaat dari kemudahan sinyal ini meski waktu itu sinyal belum terlalu kuat. Bagaimanapun, mereka menyadari bahwa internet punya efek dua sisi, bisa memberikan efek negatif atau positif. Menyikapi hal ini, warga diberikan pemahaman bahwa sisi negatif internet tidak bisa dihindari, tetapi dengan sisi positifnya, warga bisa mengambil banyak kemanfaatan dan untuk itu harus dipelajari. Ditambah lagi, sejak adanya bantuan *community access point*, jaringan internet ini bisa menjadi sarana bagi warga untuk belajar. Bahkan, ada beberapa warga yang dididik, khususnya dari perangkat desa untuk mengikuti berbagai pelatihan tentang teknik-teknik dasar komputer dan jaringan yang diselenggarakan oleh lembaga nonpemerintah. Kini, dengan ketekunan dan minat warga pada dunia *information technology* (IT), warga pun tidak lagi hanya menjadi peserta, tetapi sudah dilibatkan menjadi pemateri di berbagai pelatihan bagi perangkat desa lainnya yang diselenggarakan oleh LSM untuk para pegiat IT desa di berbagai daerah di Indonesia.

F. Peran Radio Komunitas dalam Mendorong Transformasi Kesadaran Lingkungan

Sejak tahun 2008, Desa Mandalamekar melalui Komunitas MAM yang dilatarbelakangi keprihatinan atas makin banyaknya lahan yang gundul dan tidak lagi produktif, merevitalisasi kearifan lokal yang sudah ada sejak lama dan yang telah diwariskan oleh karuhun, leluhur mereka. Revitalisasi ini merupakan kegiatan, proses, cara, atau

Buku ini tidak diperjualbelikan.

perbuatan untuk menghidupkan kembali atau menggiatkan kembali berbagai program atau kebijakan yang sebelumnya sudah ada, tetapi perlahan meredup atau menghilang. Misalnya, konsep hutan larangan atau hutan adat di Desa Mandalamekar. Hutan ini sejak dulu dilarang untuk ditebang jika bukan untuk kebutuhan mendesak, seperti untuk pembangunan desa. Penebangan pun harus dilakukan secara terbatas dan harus digantikan dengan menanam kembali pohon yang baru agar hutan larangan tetap terjaga kelestariannya. Kearifan yang sudah dilakukan sejak puluhan tahun lalu ini bukan tanpa maksud. Dengan nilai kearifan lokal, generasi terdahulu memahami bahwa hutan yang tetap terjaga kelestariannya akan menjadi sumber hidup mereka seperti menyediakan sumber air untuk kebutuhan kehidupan masyarakat. Tidak hanya untuk keperluan sehari-hari, tetapi juga untuk keberlangsungan mata pencaharian hidup mereka sebagai petani.

Di sinilah aktivis MAM menghidupkan kembali pengetahuan lokal yang sudah tersedia sejak dahulu dan yang telah dipertahankan oleh nenek moyang mereka. Pengetahuan lokal ini jelas sudah teruji puluhan tahun dan telah terbukti menjadikan masyarakat desa tetap mampu bertahan hidup. Generasi kini yang kemudian harus mempertahankan dan mengembangkan kembali pengetahuan lokal ini dengan menyesuaikan pada perkembangan zaman.

Hutan adat yang mengalami kegundulan menjadi peringatan berharga bagi masyarakat. Dampak yang paling mereka alami dan rasakan langsung ialah lambat laun sumber mata air satu persatu mengalami kekeringan. Oleh karena itu, program pemerintah desa (pemdes) ialah merevitalisasi kembali hutan dengan menanami pohon (reboisasi) di kawasan hutan lindung daerah Karang Soak, Pasir Salam, Pasir Bentang, dan Pasir Badak. Program reboisasi ini pun kini sudah berbuah manis. Hasilnya mulai dirasakan oleh masyarakat. Misalnya, ketika musim kemarau datang, warga di kampung yang berada di sekitar Pasir Salam, Pasir Bentang, Karang Soak, dan Pasir Badak tidak lagi kekurangan air. Demikian pula ketika musim hujan datang, air yang turun ke sungai tidak membuat sungai meluap karena sudah diserap oleh pohon-pohon yang banyak ditanam di daerah

Buku ini tidak diperjualbelikan.

hulu sehingga lahan sawah tetap produktif, meskipun sedang musim kemarau.

Selain menanam pohon, kearifan lokal lainnya adalah menghidupkan kembali istilah *Leuweung Adat Larangan* atau *Leuweung Tutupan* yang menjadi hutan adat larangan, yang artinya di hutan tersebut dilarang merusak, menebang, atau mengambil tanaman. Jika hal itu dilanggar, akan ada sanksi adat dan sanksi lainnya yang berlaku sesuai dengan peraturan desa yang telah disepakati pemerintah desa dengan seluruh warga. Pengetahuan lokal mengenai lingkungan inilah yang dihidupkan kembali oleh Desa Mandalamekar dan menjadi pandangan hidup mereka.

Istilah *Leuweung Nganteng Kaca Nunggal* sebagai visi desa yang bermakna hutan yang terbentang akan mencerminkan diri kita yang memiliki kekuatan dan kesamaan tekad untuk memelihara lingkungan hidup pun coba dipopulerkan dan ditanamkan pada benak warga melalui berbagai saluran komunikasi yang digunakan, terutama melalui Radio Komunitas Ruyuk FM. Penanaman ke benak tersebut dimulai pada anak kecil, anak sekolah, hingga orang tua.

Pemerintah Desa Mandalamekar yang mencoba memberikan edukasi dengan menyentuh nurani warganya dengan pendekatan yang humanis, tidak memaksa, dan bersifat berkala membuat warga dapat merasakan langsung dampak dari kebijakan yang dibuat oleh pemerintah desa. Di samping itu, untuk melanjutkan estafet pelaksanaan kearifan lokal, Pemerintah Desa Mandalamekar melakukan edukasi ke sekolah-sekolah yang berada di Desa Mandalamekar, mulai dari tingkat PAUD, TK, SD, SMP, hingga SMK.

> *Jadi ceritanya di Mandalamekar, mengurus Mandalamekar harus estafet ya kita harus persiapkan, jadi ada estafet untuk harus maju. Membangun desa itu harus sabar, harus estafet, harus berkesinambungan. Yang memimpin juga harus orang desa yang lebih paham. Kita juga tidak mudah memahamkan pada masyarakat, tidak seperti membalik telapak tangan, jadi itu proses yang tidak sebentar, harus sabar* (Kepala Desa Mandalamekar, komunikasi pribadi, 6 Desember, 2015).

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Keberadaan Radio Komunitas Ruyuk FM terkait erat dengan gerakan penghijauan yang dilakukan oleh MAM. Radio komunitas ini secara hukum juga didirikan oleh perkumpulan masyarakat peduli lingkungan tersebut sehingga kegiatan Ruyuk FM adalah guna memperkuat keberadaan hutan lindung atau hutan mata air yang selama ini tidak dikelola dengan baik.

Dengan demikian, berdirinya Ruyuk FM adalah wujud nyata transformasi kesadaran masyarakat atas krisis lingkungan hidup di wilayahnya. Penggagas dan Dewan Penyiaran Komunitas (DPK) Ruyuk FM mengatakan bahwa penting membuat organisasi di tingkat warga dan media warga untuk menjaga kelestarian lingkungan.

> *Berdirinya Ruyuk karena kesadaran terhadap begitu kuatnya tekanan. Jadi ketua Alam Munggaran yang dulu kecil dibikinkan peraturan desa, tapi kemudian banyak tekanan dari luar, sehingga dibutuhkan suatu media untuk menyadarkan masyarakat. Karena kita dari awalnya sudah ada keseriusan untuk konservasi hutan, maka nama radionya pun Ruyuk, bukan Mandala. Jadi kita menyuarakan terus pentingnya konservasi hutan ini* (Irman, komunikasi pribadi, 6 Desember, 2015).

Bagi mereka, keberadaan Ruyuk FM di Mandalamekar sangat penting artinya sebagai media untuk menanamkan sikap cinta lingkungan bagi penduduk desanya. Lewat media kecil inilah warga bisa menyuarakan mengenai konservasi hutan di desa mereka. Orientasi utama pendirian Ruyuk FM ditunjukkan dengan gamblang melalui moto Radio Komunitas Ruyuk 107,8 FM, yakni "*Leuweung Hejo Rakyat Ngejo, Leuweung Ruksak Rakyat Balangsak*". Moto ini mempunyai makna mendalam bagi masyarakat Desa Mandalamekar yang mayoritas petani. Moto *urang* Sunda tersebut memiliki arti "hutan lestari rakyat makmur, hutan gundul hidup rakyat pasti susah". Jadi, mengelola hutan juga berarti menjaga kehidupan orang yang ada di sekitar hutan tersebut untuk bisa lebih makmur dan sejahtera.

Sejak 2007, Ruyuk FM ditujukan untuk menyukseskan program penghijauan hutan dengan memanfaatkan radio komunitas sebagai

Buku ini tidak diperjualbelikan.

sarana sosialisasi. Radio bersiaran mulai dari pukul 18.00 hingga pukul 23.00. Acara-acara yang disiarkan berkisar soal informasi desa, terutama tentang penghijauan, pendidikan, dan hiburan. Para penyiar radio tidak sekadar menyosialisasikan program konservasi hutan, tetapi juga mengajak warga untuk ikut terlibat dalam gerakan menanam pohon. Misalnya, ketika ada hari yang akan digunakan untuk kegiatan menanam pohon di hutan, informasi itu disampaikan ke masyarakat sekaligus untuk mengajak mereka untuk datang ke lokasi area hutan sambil membawa peralatan untuk bercocok tanam.

> *Penghijauan kan, jadi teh "Hayu masyarakat, kita menanam." Ya lewat informasi, "Nanti hari Sabtu ibu-ibu PKK akan diadakan perkumpulan." Kan, misalkan kegiatan PKK sebulan sekali jadi akan diumumkan melalui radio, "Ibu-ibu, bagi yang mendengarkan, hari Sabtu tanggal sekian datang ke lokasi Karangsoak dengan membawa peralatan ini atau ini," begitu untuk menjaga hutan, membersihkan hutan, gitu. Nah, itu kan diinformasikan lewat Ruyuk itu, ngga usah dikasih surat, nah jadi itulah manfaatnya. Jadi lebih cepet nyampe informasinya. Terlihat masyarakat jadi aktif ikutan* (Penyiar Ruyuk FM, komunikasi pribadi, 5 Desember, 2015).

Pemerintahan Desa Mandalamekar yang memfokuskan pada program konservasi hutan kemudian juga memengaruhi isu lingkungan hidup tentang hutan lindung dan penanaman pohon sehingga imbauan tentang kepedulian hutan dan lingkungan ini rutin menjadi isu Ruyuk FM. Misinya ialah program penghijauan Mandalamekar dengan tidak ada lahan yang terbuang. Meski kemudian program acara Ruyuk FM berkembang ke tema-tema lain, isu menjaga kelestarian hutan tetap selalu disinggung oleh para penyiar. Sebagaimana diungkapkan oleh salah seorang penyiar, "Lembaga pelestarian alam di sini, Mitra Alam Munggaran, memang berkaitan erat dengan Ruyuk FM. Ruyuk FM dibentuk untuk menunjang aktivitas Mitra Alam Munggaran yang fokus pada pelestarian hutan." Sejak itu, tepatnya mulai 2008 setelah

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Ruyuk FM berdiri, gerakan menanam pohon di area hutan pun mulai melibatkan semua kelompok masyarakat, mulai dari orang tua, siswa SMP, hingga anak-anak TK.

> *Manfaatnya kerasa, kemarin kemarau, tidak ada yang kekurangan air. Terasa sekali mereka sekarang senang nanam. Lihat masuk ke Mandalamekar di sini sekarang hutan. Jadi, Ruyuk mendukung program desa. Program desa dan kejadian kecil pun akan tersampaikan di Ruyuk* (Manajer Ruyuk FM, komunikasi pribadi, 6 Desember, 2015).

Program *ngamumule lemah cai* (konservasi alam) Desa Mandalamekar merupakan bagian penting untuk menggambarkan impian Desa Wisata 2020, dalam mewujudkan kesejahteraan lahir batin. Di samping perubahan perilaku dalam nuansa budaya Sunda dan keasrian, penghijauan, dan kesegaran yang membawa rasa damai, bagi mereka program ini juga makin mendekatkan mereka kepada Yang Maha Pencipta.

Ketika di beberapa daerah makin banyak lahan—yang sebelumnya ditumbuhi banyak tanaman atau pohon keras sebagai penyeimbang alam dan lingkungan—kini sudah mulai gundul, tergerus untuk keperluan pembangunan perumahan, pertambangan, dan keperluan konsumtif lainnya, sebenarnya di sinilah perlunya pemerintah merevitalisasi kearifan lokal untuk mencegah krisis lingkungan yang lebih besar terjadi. Upaya-upaya yang lebih informal akan lebih bisa diterima oleh warga atau masyarakat jika dibandingkan dengan melakukan sosialisasi formal dari dinas terkait meski sosialisasi tersebut tetap diperlukan.

G. Penutup

Perubahan iklim menjadi agenda global yang makin mendesak seiring dengan dampak yang dirasakan oleh warga global yang meningkat dari tahun ke tahun, antara lain polusi udara di berbagai kota-kota besar dan cuaca ekstrem yang menyebabkan bencana, seperti kekeringan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

dan kebakaran besar-besaran di berbagai belahan dunia, sedangkan bencana kebanjiran menimpa di belahan dunia lainnya. Belum lagi efek rumah kaca dan pemanasan global yang mengakibatkan terus meningkatnya suhu bumi dan perlahan-lahan mencairnya pegunungan es di daerah kutub yang makin hari makin meluas.

Oleh karena itu, sangat penting mengagendakan adaptasi terhadap perubahan iklim ini pada semua pihak, tidak hanya pemerintah di berbagai negara, tetapi juga keterlibatan masyarakatnya. Perjanjian Paris pada 2015 menjadi titik pijak agenda internasional untuk beradaptasi dengan perubahan iklim. Melakukan tindakan adaptasi berarti menyesuaikan sistem ekologi, sosial, dan ekonomi pada kondisi perubahan iklim, dan dampaknya, agar kerusakan alam dan bumi tidak terus-menerus merajalela. Sebagai makhluk bumi, kita harus makin mampu bertahan hidup dan memperbaiki hidup agar menjadi lebih baik lagi pada masa depan. Oleh karena itu, pemerintah di setiap negara dan masyarakat perlu mengembangkan solusi adaptasi dan menerapkan tindakan untuk menanggapi dampak perubahan iklim pada saat ini dan masa depan. Tindakan adaptasi ini dapat dilakukan oleh berbagai pihak dan berhasil atau tidaknya tindakan tersebut akan sangat bergantung pada partisipasi aktif dan berkelanjutan dari para pemangku kepentingan, termasuk komunitas lokal, organisasi nasional, regional, multilateral, dan internasional, baik pada sektor publik dan swasta, juga masyarakat sipil dan aktor sosial lainnya.

Berkomunikasi tentang perubahan iklim, dampak, dan tindakan adaptasinya dapat dilakukan dengan menggunakan media komunikasi. Radio Komunitas Ruyuk FM di Desa Mandalamekar menunjukkan perannya sebagai aktor lokal dalam konteks peningkatan fungsi media untuk melibatkan secara aktif masyarakat lokal dalam mengagendakan isu-isu penting dan menyelesaikan persoalan dalam kehidupan mereka sendiri. Persoalan penting dan mendasar bagi mereka ialah kesadaran masyarakat atas perubahan iklim dan kerusakan lingkungan. Program konservasi alam menjadi agenda Radio Komunitas Ruyuk FM sebagai isu mendasar yang memengaruhi keberlangsungan hidup masyarakatnya. Program-program siaran yang

Buku ini tidak diperjualbelikan.

mereka buat mengangkat tema dan pembahasan seputar konservasi alam yang tidak hanya sekadar membuat masyarakat bisa bertahan hidup, tetapi juga meningkatkan kualitas dan taraf hidupnya.

Ruyuk FM melalui program-program siarannya berpartisipasi aktif dalam menyuarakan dan membangun kesadaran masyarakat akan pentingnya program konservasi alam di Desa Mandalamekar sehingga akhirnya kesadaran lingkungan terbangun di masyarakatnya. Dampak penebangan hutan secara liar yang mengakibatkan sumber mata air mengalami kekeringan akhirnya bisa diatasi, bahkan hutan larangan berhasil dihijaukan kembali hingga puluhan hektare. Roda kehidupan masyarakat sebagai daerah pertanian pun kembali berputar, bahkan membantu petani mengembangkan usaha-usaha tani lainnya.

Masyarakat Desa Mandalamekar akhirnya mulai bertransformasi menjadi masyarakat yang sadar dan peduli lingkungan. Pendirian Ruyuk 107,8 FM yang berorientasi pada lingkungan diungkapkan dengan gamblang melalui motonya "*Leuweung Hejo Rakyat Ngejo, Leuweung Ruksak Rakyat Balangsak*", yang dapat diartikan sebagai hutan lestari rakyat makmur, hutan gundul hidup rakyat pasti susah. Moto ini menjadi pengetahuan lokal masyarakat dalam memandang hidup mereka. Alam ialah pusat kehidupan mereka. Moto ini mempunyai makna mendalam bagi masyarakat Desa Mandalamekar yang mayoritas petani, yaitu bahwa menjaga hutan juga berarti menjaga keberlangsungan kehidupan mereka.

Berangkat dari pengalaman Ruyuk FM ini, direkomendasikan bahwa keberadaan radio komunitas di berbagai daerah penting untuk mengangkat isu perubahan iklim sebagai agenda utama media komunitas. Radio komunitas berpeluang untuk mengemas berbagai program siaran radio yang mengenalkan masyarakat tentang perubahan iklim, dampak, dan konsekuensinya, serta memperluas adaptasi yang dapat dilakukan oleh masyarakat setempat, terutama di daerah-daerah yang rentan terdampak perubahan iklim. Apalagi dengan mode operasi radio komunitas yang berpijak pada persoalan masyarakat serta melibatkan mereka secara aktif dalam menetapkan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

solusi bersama berpotensi untuk meningkatkan masyarakat dalam kegiatan adaptasi perubahan iklim secara berkelanjutan.

Untuk mendorong radio atau media komunitas di berbagai daerah agar menjadikan isu perubahan iklim dan adaptasi masyarakat sebagai isu utama, perlu kiranya dilakukan studi radio komunitas secara meluas di berbagai daerah di Indonesia. Hal ini penting dilakukan untuk melihat peta persoalan masyarakat di berbagai daerah serta peluang radio komunitas sebagai media yang sadar iklim karena perubahan iklim telah menjadi agenda global yang harus disikapi dan ditindaki bersama, tidak hanya oleh pemerintah, tetapi juga masyarakat dan komunitas, terutama pada daerah yang rentan terdampak.

Referensi

Abda, I. (Ed). (2008). *Radio komunitas Indonesia: Dari gagasan dan potret lapangan*. JRKI.

Birowo, M. A. (2010). The use of community radio in managing natural disasters in Indonesia. *Bulletin of the American Society for Information Science and Technology*, *36*(5), 18–21.

Chaerowati, D. L. (2017). *Transformasi masyarakat melalui radio komunitas* [Disertasi tidak diterbitkan]. Universitas Padjadjaran.

Chaerowati, D. L., & Ibrahim, S. I. (2019). Utilization of information technology for sustainable rural development. Dalam *Journal of physics: Conference series*, *volume 1375* (012058).

Chaerowati, D. L., Yuliati, N., & Rochim, M. (2013). Mengusung masyarakat madani melalui radio komunitas. *MIMBAR*, *29*(2), 145–154.

Chaerowati, D. L., Rochim, M., & Yuliati, N. (2016). Voluntarism as social capital of community radio management: a case study in Jarik III Cirebon. *KOMUNITAS: International Journal of Indonesian Society and Culture*, *8*(1), 73–84.

Fraser, C., & Estrada, S. R. (2001). *Community radio handbook*. New Delhi: UNESCO.

Harvey, B. (2011). Climate airwaves: Community radio, action research, and advocacy for climate justice in Ghana. *International Journal of Communication*, *5*, 2035–2058.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Ibrahim, I. S. & Akhmad, B. A. (2014). *Komunikasi dan komodifikasi: Mengkaji media dan budaya dalam dinamika globalisasi*. Yayasan Pustaka Obor Indonesia.

Jurriëns, E. (2003). Radio komunitas di Indonesia: 'New Brechtian theatre' di era reformasi? *Antropologi Indonesia*, *XXVII*(72), 116–130.

Maryani, E. (2011). *Media dan perubahan sosial: Suara perlawanan melalui radio komunitas*. PT Remaja Rosdakarya.

Purbo, O. W. (2004). Pengalaman berjuang tanpa merengek pemerintah. *Infotek Digital Journal Al-Manär*, *I*(2004). https://mirror.unpad.ac.id/orari/library/cd-al-manaar-digilib/bahan/3.%20INFOTEK/1.%20ARTIKEL/5-Pengalaman%20Berjuang%20Tanpa%20Merengek%20Pemerintah.pdf

United Nations. (t.t.-a). *The Paris agreement*. Diakses pada 20 Agustus, 2023, dari https://www.un.org/en/climatechange/paris-agreement#

United Nations. (t.t.-b). *Communicating on climate change*. Diakses pada 20 Agustus, 2023, dari https://www.un.org/en/climatechange/communicating-climate-change#

United Nations Climate Change. (t.t.). *Introduction: Adaptation and resilience*. Diakses pada 20 Agustus, 2023, dari https://unfccc.int/topics/adaptation-and-resilience/the-big-picture/introduction

Wabwire, J. (2013). The role of community radio in development of the rural poor. *New Media and Mass Communication, 10,* 40–47.

Wahyudin, A., Saputra, D., Pramono, I. E., Hikmat, M. M., Syaifurohman, M., F, N. A., Buldansah, Sakti S., R., Suryadireja, & Rohayati, Y. (Ed.). (2015). *Direktori lembaga penyiaran berizin di Provinsi Jawa Barat 2015: Radio televisi*. Komisi Penyiaran Indonesia Daerah Provinsi Jawa Barat.

Buku ini tidak diperjualbelikan.





Bab 11

Solusi Adaptasi Perubahan Iklim: Integrasi Teknologi dengan Kearifan Lokal

Lilik Slamet Supriatin, Elza Surmaini, & Yeli Sarvina

A. Permasalahan Sektor Prioritas Akibat Kegiatan Antropogenik

Pemanasan global dianggap sebagai penyebab utama dari perubahan iklim. Selain disebabkan oleh faktor alami, pemanasan global juga dipicu oleh aktivitas manusia. Kegiatan antropogenik yang konsumtif menghasilkan gas rumah kaca (GRK) yang mengakibatkan efek rumah kaca dan kenaikan suhu bumi (pemanasan global). Kegiatan antropogenik memacu perubahan iklim untuk terjadi lebih cepat dengan kekuatan orde *magnitude* yang lebih besar.

Secara alami, bumi mendapatkan pemanasan paralel atau radiasi dari dua sumber: yang pertama adalah pemanasan langsung dari radiasi matahari dan yang kedua adalah pemanasan tidak langsung

L. S. Supriatin*, E. Surmaini, & Y. Sarvina
Badan Riset dan Inovasi Nasional, *e-mail: lilik_lapan@yahoo.com

© 2023 Editor & Penulis
Supriatin, L. S., Surmaini, E., & Sarvina, Y. (2023). Solusi adaptasi perubahan iklim: integrasi teknologi dengan kearifan lokal. Dalam Elza Surmaini, Lilik Slamet Supriatin, & Yeli Sarvina (Ed.), *Teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim* (289–309). Penerbit BRIN. DOI: 10.55981/brin.901.c726, E-ISBN: 978-623-8372-46-1

Buku ini tidak diperjualbelikan.

dari radiasi pantulan balik yang tertahan oleh adanya GRK. Adanya gas rumah kaca mengakibatkan suhu bumi menjadi hangat dan dapat dihuni makhluk hidup. Pada awalnya, suhu rata-rata bumi adalah -180°C (Cahyono & Supriatin, 2015). Akhir abad ke-19, konsentrasi gas rumah kaca meningkat sehingga menaikkan suhu permukaan bumi sebesar 0,60°C. Godish (2004) menyatakan bahwa suhu laut dan daratan di tahun 2000 lebih besar 0,290°C jika dibanding dengan periode 1961–1990.

Dampak perubahan iklim hampir menyentuh semua aspek kehidupan. Beberapa dampak perubahan iklim ialah perubahan pola dan intensitas curah hujan, kenaikan suhu dan penurunan kelembapan udara, perubahan pola arah dan kecepatan angin, serta bencana hidrometeorologi (banjir, kekeringan, dan tanah longsor). Dampak turunan perubahan iklim tentunya sangat dirasakan sekali pada sektor yang sangat tergantung pada ketersediaan air, yaitu pertanian dan kesehatan. Sektor pertanian memerlukan air sesuai dengan fase pertumbuhan tanaman. Salah satu kondisi yang ada saat perubahan iklim ini adalah ketersediaan air menjadi tidak sesuai dengan kebutuhan air tanaman semusim. Ketika tanaman semusim sangat membutuhkan air, curah hujan tidak kunjung datang, tetapi ketika tanaman semusim hanya sedikit memerlukan air, malahan curah hujan berlebih.

Indonesia merupakan salah satu negara yang rentan terhadap dampak perubahan iklim. Sebagai bentuk komitmen terhadap potensi dampak yang ditimbulkan atas perubahan iklim, pemerintah meresponsnya secara preventif melalui serangkaian kegiatan dengan tujuan untuk mengurangi tingkat kerentanan dan meningkatkan ketahanan. Secara nasional, terdapat empat sektor prioritas yang menjadi fokus utama dalam aksi ketahanan iklim, yaitu kelautan dan pesisir, air, pertanian, dan kesehatan.

Dampak perubahan iklim di Indonesia sudah digolongkan ke dalam bencana. Hal ini dikarenakan perubahan iklim telah menimbulkan kerugian harta, benda, bahkan jiwa (UU No. 24, 2007). Jumlah bencana alam sebagai dampak dari perubahan iklim

Buku ini tidak diperjualbelikan.

dalam tiga dekade terakhir mengalami peningkatan (Findayani, 2015). Bencana akibat perubahan iklim diperparah lagi oleh kondisi lahan di hulu daerah aliran sungai (DAS) yang gundul dan bersifat tidak dapat menahan air sehingga jika intensitas hujan tinggi, banjir bandang dan air bah datang tiba-tiba menerpa permukiman di bagian hilir DAS. Perbedaan bencana akibat dampak perubahan iklim antara negara maju dan negara berkembang (Indonesia) ialah di negara maju, bencana yang datang memang dikarenakan dampak perubahan iklim (pengaruh global), sedangkan di negara berkembang, bencananya merupakan perpaduan antara dampak perubahan iklim (pengaruh global) dan kondisi lingkungan sekitar (pengaruh lokal).

Oleh karena itu, diperlukan tindakan berupa mitigasi dan adaptasi. Mitigasi bencana adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana (UU No. 24, 2007). Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana, disebutkan bahwa tujuan dari strategi mitigasi adalah untuk mengurangi kerugian pada saat terjadinya bahaya pada masa mendatang, mengurangi risiko kematian dan cedera penduduk, dan mendorong orang-orang di wilayah bencana untuk melindungi diri sendiri.

Kini GRK tidak hanya dihasilkan alami oleh sektor pertanian, seperti karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), dan dinitrogen monooksida (N_2O), tetapi industri telah dapat menghasilkan GRK buatan pabrik (sintetis) jenis baru, seperti kloro fluoro karbon (CFC), sulfur heksafluorida (SF_6), hidro fluoro karbon (HFC), dan ozon (O_3). Jenis gas rumah kaca sintetis ini memiliki *life time* yang relatif lebih lama dan potensi pemanasan global yang lebih besar jika dibandingkan GRK alami.

Berdasarkan lokasi konsentrasi GRK, kalau dahulu CH_4 ditemukan di permukaan (lapisan troposfer), kini CH_4 sudah memasuki stratosfer (Warneck, 1988, dalam Supriatin, 2014). CH_4 yang memasuki stratosfer akan merusak O_3 dan membuat konsentrasi O_3 di stratosfer menjadi berkurang (lubang ozon) sehingga memicu masuknya radiasi

Buku ini tidak diperjualbelikan.

ultraviolet dan pemanasan global. Gas O_3 dahulu terkonsentrasi pada lapisan stratosfer. Kini, O_3 sudah ditemui di troposfer dan permukaan. Ozon di troposfer berfungsi sebagai gas rumah kaca, sedangkan O_3 di permukaan sebagai polutan udara.

Perubahan energi akibat pemanasan global telah mengakibatkan gletser atau salju mencair dan siklus air yang mengarah pada perubahan iklim (Aldrian dkk., 2011). Ditambahkan oleh Vávra dkk. (2015), siklus air dan proporsi komponen bagian siklus air saat ini berubah. Salju yang mencair menambah volume laut sehingga terjadi kenaikan muka laut. Kenaikan tinggi gelombang laut dan kecepatan angin memicu air laut yang telah meninggi memasuki pesisir, masuk jauh sampai daratan, dan banjir rob permanen yang menggenangi daratan tidak dapat dihindari lagi. Di lain sisi, kondisi ini diperparah dengan hutan bakau di kawasan pesisir sudah berubah menjadi tambak udang dan tata guna lahan lain yang bersifat meloloskan air laut. Reklamasi pantai untuk memenuhi nafsu membuat kawasan elite dan menambah daratan hanya bersifat pemindahan beban (*shifting the burden*). Di satu sisi, pengerukan sedimen pada suatu kawasan akan berkurang (volume air laut bertambah), tetapi pada kawasan reklamasi, volume laut akan berkurang. Kondisi ini akan meningkatkan muka laut pada kawasan yang dikeruk sedimennya.

Penambangan air tanah secara besar-besaran untuk memenuhi kebutuhan industri pariwisata mengakibatkan muka air tanah turun dan terdapat *aquifer* (rongga dalam tanah) yang kosong. Air laut yang masuk jauh sampai ke daratan (intrusi air laut) akan mengisi *aquifer* kosong tersebut. Intrusi air laut akan mengakibatkan air tanah terpolusi oleh air asin yang tidak layak dikonsumsi sebagai bahan baku air minum. Selain itu, eksploitasi air tanah dan pembuatan pondasi bangunan yang dalam mengakibatkan pergerakan penurunan tanah (*land subsidence*/*land slide*) yang bahayanya mungkin dapat disamakan dengan gempa bumi. *Land subsidence* mengakibatkan rumah retak dan bahayanya lagi jika hujan dengan intensitas tinggi datang dapat mengakibatkan longsor dan bangunan yang telah tidak kokoh akan tergerus bersama aliran limpasan air hujan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Sektor kesehatan dan kehidupan sehari-hari sangat tergantung pada kualitas, kuantitas, dan kontinuitas ketersediaan air bersih. Perubahan iklim telah mengubah pola musim dan intensitas curah hujan menjadi lebih tinggi dengan jarak antara hujan menjadi lebih panjang. Penggunaan air yang tidak layak konsumsi mengakibatkan penyakit perut dan lingkungan yang kotor (air tergenang) menjadi habitat yang mendukung vektor penyakit untuk berkembang lebih baik. Kenaikan suhu udara (panas) dan penurunan kelembapan udara (cuaca dingin dan kering) sering kali menyebabkan daya tahan tubuh menurun sehingga manusia dan hewan rentan menjadi sakit.

Kegiatan antropogenik lain yang memicu pemanasan global dan perubahan iklim ialah penutup lahan yang sebagian besar berupa aspal dan beton serta penutup bangunan yang terbuat dari kaca. Penutup permukaan berupa aspal dan beton serta penutup bangunan berupa kaca bersifat memantulkan panas sehingga meningkatkan suhu udara. Terbentuknya pulau panas perkotaan (*heat island*) adalah akibat dari sebagian besar penutup lahan bersifat memantulkan panas dan pada lokasi tersebut sering terjadi kemacetan yang banyak mengemisikan polutan udara (SO_2, NO_2, CO, dan O_3). Dampak perubahan iklim selain *heat island* ialah juga terjadinya angin puting beliung. Perbedaan atau gradien tekanan udara yang relatif besar, baik dalam skala vertikal maupun horizontal, menyebabkan dan memicu terjadinya angin puting beliung.

B. Adaptasi: Pendekatan dalam Mengatasi Dampak Perubahan Iklim

Kejadian banjir, kekeringan, perubahan pola hujan, intrusi air laut, dan ledakan penyakit merupakan bentuk ancaman yang sifatnya sangat dinamis. Adanya perubahan iklim menjadikan suatu tempat/wilayah memiliki kondisi ancaman yang lebih dinamis yang memerlukan upaya adaptasi. Diperlukan pengelolaan pengurangan risiko bencana yang sistematis dengan mengidentifikasi ancaman, kerentanan, kapasitas, dan upaya menentukan langkah persiapan dan pengurangan resiko bencana. Secara terminologi, adaptasi adalah upaya untuk mengatasi

Buku ini tidak diperjualbelikan.

dampak perubahan iklim dengan menyesuaikan diri terhadap lingkungan sekitar sehingga mampu mengurangi dampak negatif dan mengambil manfaat positif (Aldrian dkk., 2011). Jadi, adaptasi adalah tindakan yang dilakukan ketika dampak perubahan iklim telah terjadi dan tindakan tersebut akan dilakukan lagi apabila dampak perubahan iklim yang sama terjadi lagi. Berdasarkan pengertian ini, adaptasi dapat diartikan sebagai tindakan berpola yang dapat menjadi budaya bahkan kebudayaan dari suatu komunitas masyarakat dalam menghadapi dampak perubahan iklim.

Mengacu pada tipologi adaptasi yang dikembangkan oleh Smit dkk. (1999) terdapat dua jenis kegiatan adaptasi, yaitu yang bersifat mandiri (*autonomous*-responsif/reaktif) dan yang direncanakan (*planned*-antisipatif). Adaptasi mandiri—karena bersifat otonom dan responsif—dapat dilakukan, baik oleh masyarakat maupun pemerintah, sebagai respons atas kondisi yang dialami. Adaptasi mandiri sebenarnya dapat berlangsung tanpa dikaitkan dengan perubahan iklim, yaitu sepanjang ada usaha-usaha mengubah keadaan dan kebiasaan pengelolaan air menjadi lebih baik, seperti menghindari krisis air, kekeringan, dan banjir. Selain itu, sebagai sebuah respons, adaptasi mandiri tidak memerlukan adanya kajian kerentanan yang terkadang berisi kajian tentang proyeksi keadaan iklim dan kondisi stok air. Lain halnya dengan adaptasi yang terencana dan bersifat antisipatif. Kegiatan adaptasi tipe ini biasanya akan memerlukan kajian kerentanan dan juga studi terkait skenario perubahan iklim sebagai dasar saintifik untuk menentukan opsi adaptasi yang diperlukan.

Adaptasi perubahan iklim di Indonesia diarahkan sebagai: (1) upaya penyesuaian dalam bentuk strategi, kebijakan, pengelolaan/manajemen, teknologi, dan sikap agar dampak (negatif) perubahan iklim dapat dikurangi seminimal mungkin dan, bahkan jika memungkinkan, dapat memanfaatkan dan memaksimalkan dampak positifnya; dan (2) upaya mengurangi dampak yang disebabkan oleh perubahan iklim, baik langsung maupun tidak langsung, baik kontinu maupun diskontinu dan permanen, serta dampak menurut tingkatnya (Kementerian PPN/Bappenas, 2014).

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Bentuk adaptasi dapat berupa kearifan lokal maupun teknologi yang masih bersifat tradisional suatu komunitas. Kearifan lokal dan teknologi tradisional adalah pengetahuan lokal suatu komunitas masyarakat yang tentunya memiliki latar belakang dan metode atau teknik serta tatanan yang berbeda antara komunitas satu dengan lainnya. Adaptasi memiliki ciri khas suatu komunitas masyarakat dalam kaitannya menghadapi atau menanggapi fenomena alam, termasuk dampak perubahan iklim. Beberapa komponen utama kegiatan adaptasi perubahan iklim meliputi atribusi komponen perubahan iklim terhadap kegiatan sosial ekonomi dan biosfer, kajian dan studi dampak, kerentanan terhadap perubahan iklim, kapasitas adaptasi, dan kajian ketahanan terhadap perubahan iklim (Aldrian dkk., 2011). Terkait teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi dampak perubahan iklim dari beberapa daerah di Indonesia, telah disajikan dan dibahas pada uraian sebelumnya.

C. Teknologi dan Kearifan Lokal untuk Adaptasi Perubahan Iklim

Upaya adaptasi yang dilakukan manusia terhadap lingkungannya telah dilakukan sejak dahulu, bahkan mungkin sejak manusia ada. Adaptasi dilakukan agar manusia dapat bertahan hidup. Walaupun pada zaman dahulu teknologi tradisional dan kearifan lokal belum ditujukan atau diorientasikan untuk adaptasi perubahan iklim, teknologi tradisional dan kearifan lokal diarahkan pada bagaimana alam dan lingkungan memberikan manfaat kepada manusia. Konsep bahwa alam dan lingkunganlah yang memberikan hidup dan kehidupan pada manusia ini yang menjadikan manusia zaman dahulu selalu bersahabat dan tidak menentang alam.

Indonesia terdiri dari puluhan ribu pulau dengan masing-masing penduduk yang mendiami pulau tersebut memiliki kearifan lokal dan juga teknologi tradisional. Selain kearifan lokal, masyarakat tradisional juga memiliki *folklore* atau cerita rakyat yang umumnya berisi tentang kebajikan, larangan, atau tabu mengerjakan suatu hal pada saat dan tempat tertentu. Kearifan lokal, teknologi tradisional, dan *folklore*

Buku ini tidak diperjualbelikan.

adalah pengetahuan lokal yang dimiliki suatu komunitas masyarakat yang isinya dapat berupa aturan dan larangan serta tatanan terhadap sesuatu hal sendi kehidupan.

Kusumasanyoto (2009) membagi teknologi menurut zamannya menjadi teknologi tradisional, teknologi madya, dan teknologi modern. Ditambahkan oleh Kusumasanyoto (2009) bahwa teknologi tradisional adalah suatu teknologi yang diusahakan untuk menghasilkan sesuatu dengan mengolah sumber daya alam dengan alat sederhana (bantuan tangan saja), bahan, dan keterampilan dasar yang kesemua itu didasarkan pada proses turun-temurun.

Menurut penulis, teknologi tradisional adalah teknologi yang bersifat *niruke, niteni,* dan *nularke*. Ketiga sifat tersebut merupakan bahasa Jawa, yang artinya masing-masing berturut-turut adalah 'menirukan', 'menghafal', dan 'menularkan teknologi tersebut dari mulut ke mulut atau dari satu orang ke orang lainnya'. Pada teknologi tradisional, tidak ada sifat "modifikasi" atau "mengubah ke arah yang lebih canggih".

Teknologi madya dan teknologi modern merupakan teknologi yang mengolah sumber daya alam dan buatan dengan menggunakan alat berupa mesin otomatis (energi berasal dari listrik dan bahan bakar minyak), bahan, dan ketrampilan yang canggih serta sistem informasi dan *artificial intelligence*. Penggunaan sistem informasi yang cepat, mudah, praktis, dan *user friendly* telah banyak mengurangi penggunaan kertas dan emisi polutan udara yang dihasilkan bahan bakar fosil serta sumber daya manusia. Berlawanan dengan teknologi tradisional yang masih bersifat padat karya (jumlah tenaga kerja relatif lebih banyak), teknologi modern hanya memperkerjakan tenaga kerja manusia relatif lebih sedikit. Teknologi madya dan teknologi modern saat ini menjadi peranti umat manusia di pelbagai sendi kehidupan.

Perkembangan teknologi madya dan teknologi modern dapat disamakan dengan perkembangan revolusi industri yang terbagi menjadi beberapa tahapan. Revolusi Industri 1.0 bersamaan ketika James Watt menemukan mesin uap pada 1860. Revolusi Industri 2.0 terjadi setelah Thomas Alfa Edison menemukan bola lampu listrik.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Revolusi Industri 3.0 adalah periode ketika komputer dan internet ditemukan. Revolusi Industri 4.0 adalah era penggunaan internet untuk memenuhi kebutuhan sosial, transportasi, administrasi, dan ekonomi. Saat ini dunia memasuki era Revolusi Industri 5.0, dengan penggunaan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) pada semua aspek kehidupan.

Teknologi tradisional berawal dari kearifan lokal. Jika boleh dianalogikan, kearifan tradisional adalah sebuah sains yang dipraktikkan dalam bentuk teknologi tradisional atau teknik budi daya. Komariah dkk. (2021) menyatakan dengan kearifan lokal, masyarakat setempat memiliki pengetahuan dan pengalaman yang diperlukan untuk mengatasi variasi dan perubahan iklim yang terjadi di wilayahnya.

Salah satu teknologi adaptasi dampak perubahan iklim pada sektor pertanian adalah teknologi *walik* jerami. Walaupun istilahnya *walik* jerami, istilah tersebut bukan berarti membalikkan jerami. Budi daya atau teknologi *walik* jerami adalah menanam secara paralel (pada waktu yang bersamaan) bibit tanaman padi di suatu tempat saat tanaman padi yang lain di lokasi lain sudah memasuki atau sudah lebih dewasa. Tindakan ini dilakukan untuk memanfaatkan air hujan (saat musim penghujan) sehingga ketika sudah memasuki musim kemarau, bibit tanaman padi sudah memasuki fase generatif yang memang memerlukan air yang relatif sedikit. Teknologi *walik* jerami adalah teknologi yang berkonsep memanen air hujan saat musim penghujan.

Selain teknologi *walik* jerami, pada sektor pertanian untuk adaptasi terhadap dampak perubahan iklim juga dilakukan apa yang disebut budi daya *sawah rintak* dan *sawah surung*. Budi daya atau teknologi *sawah rintak* dan *sawah surung* adalah sistem menanam padi di lahan rawa lebak di Kalimantan Selatan. Waktu tanam ditentukan dengan memperhatikan penurunan air rawa menjelang musim kemarau. Kondisi penurunan air saat musim kemarau disebut sebagai "merintak" sehingga sawahnya disebut sebagai sawah rintak yang memanfaatkan angin bertiup dari arah timur. Sebaliknya, saat

Buku ini tidak diperjualbelikan.

musim hujan ketika air rawa naik, kondisinya disebut "menyurung" dan sawahnya disebut *sawah surung* yang memanfaatkan angin bertiup dari arah barat (Khairullah dkk., 2017).

Budi daya atau teknologi lain di sektor pertanian yang bertujuan untuk adaptasi perubahan iklim adalah *nyabuk gunung*. Budi daya ini adalah salah satu bentuk budi daya padi yang mengikuti kontur topografi lahan. Budi daya pertanian jenis ini bertujuan untuk memanfaatkan air hujan dan untuk melindungi tanah dari risiko erosi dan tanah longsor yang dapat terjadi akibat curah hujan yang tinggi karena perubahan iklim (Maridi, 2015). Kalau petani Jepang terkenal dengan istilah terasering, petani Indonesia sudah mengenal budi daya *nyabuk gunung* ini.

Budi daya atau teknologi sawah surjan dikembangkan oleh petani di Kulon Progo, Yogyakarta. Teknologi ini adalah semacam membuat sawah *nyabuk gunung*, pada area yang menggunduk (lebih tinggi) ditanam tanaman palawija, sedangkan tanaman padi ditanam sepanjang tahun di tanah rendah dan berair.

Selain teknologi budi daya pertanian, terdapat juga adaptasi yang bertujuan untuk mengurangi hama dan penyakit tanaman padi. Saat perubahan iklim terjadi, sering kali musim kemarau bertambah panjang. Kondisi kemarau panjang adalah waktu yang cocok untuk perkembangbiakkan hama penyakit tanaman. Sebelum revolusi hijau yang merupakan program pemerintah Orde Baru, ternyata di Situbondo, Jawa Timur, telah dikembangkan pemberantasan hama secara biologi dengan menggunakan predator (pemangsa) dari hama tersebut, fitofarmaka (ekstrak tumbuh-tumbuhan berkhasiat), dan rekayasa ekologi dengan memanfaatkan tanaman refugia sebagai mikrohabitat bagi agen hayati yang mengendalikan hama utama pada tanaman pokok. Tanaman refugia memberikan perlindungan spasial dan/atau sementara bagi musuh alami hama, seperti predator dan parasitoid, dan mendukung interaksi biotik dalam ekosistem, seperti penyerbuk. Tanaman refugia ditanam di kedua sisi petak pematang sawah. Tanaman yang dipilih untuk penanaman pengungsian, antara lain kacang panjang, buncis, kedelai, cabai, jagung, ubi kayu,

Buku ini tidak diperjualbelikan.

kenikir, bayam, pegagan, kecipir, bunga kertas, dan bunga tahi ayam (Syahputra dkk., 2019).

Selain teknologi, terdapat juga kearifan lokal atau tradisional pada sektor pertanian yang beradaptasi pada perubahan iklim. Kearifan lokal ini umumnya untuk pedoman waktu bercocok tanam, sebut saja *pranata mangsa* di Jawa, *Wariga* di Bali, *ngaseuk* di Jawa Barat (Sukabumi), dan *palontara* di Sulawesi Selatan. *Pranata mangsa*, *ngaseuk*, dan *Wariga* menggunakan hewan tertentu sebagai indikator atau petunjuk telah datangnya musim tertentu, sedangkan *palontara* menggunakan rasi bintang sebagai pedoman untuk bercocok tanam.

Pada sektor peternakan, teknologi adaptasi perubahan iklim yang dapat digunakan ialah dengan menggunakan salah satu prinsip dasar ilmu lingkungan (ekologi), yaitu saling ketergantungan. Konsumen tingkat pertama atau herbivor (hewan pemakan tumbuhan) dalam hal ini adalah hewan ternak pemakan tumbuhan yang berasal dari sisa panen lahan pertanian. Kotoran hewan ternak dapat dijadikan kompos atau pupuk organik untuk lahan pertanian atau biogas sehingga mengurangi gas rumah kaca berupa metana (salah satu gas rumah kaca penyebab pemanasan global dan perubahan iklim). Teknik budi daya padi ratun adalah salah satu bentuk teknologi yang memanfaatkan tanaman pertanian sebagai pakan ternak. Teknik budi daya padi ratun umumnya tidak dilakukan secara intensif. Setelah padi dipanen, tanaman dibiarkan tumbuh kembali untuk digunakan sebagai pakan ternak (Komariah dkk., 2021).

Teknologi adaptasi untuk konservasi air bertujuan melestarikan air dengan cara menyimpan dan memanennya ketika musim penghujan untuk digunakan pada musim kemarau. Jangan biarkan air hujan hanya sebagai limpasan saja yang dapat menggerus butir tanah (mengerosi dan melongsorkan lahan), terbuang ke laut, atau menggenang sebagai banjir. Jauh sebelum teknologi waduk dibuat, masyarakat desa terutama di Jawa sudah membuat sejenis penampungan air yang disebut embung. Di Kalimantan, masyarakat menggunakan penampungan air hujan yang terbuat dari beton atau plastik berukuran besar. Penampungan air tersebut langsung

Buku ini tidak diperjualbelikan.

dihubungkan dengan atap rumah sehingga air langsung menuju ke bak penampungan. Kekurangan dari jenis penampung air ini ialah tidak bertutup sehingga air yang tergenang dalam bak penampungan dapat menjadi habitat yang sesuai untuk jentik nyamuk, terutama jentik nyamuk *Aedes aegypti* yang menyebabkan penyakit demam berdarah. Melalui kerja sama dengan dinas kesehatan, masyarakat desa kemudian mengembangkan penutup bak penampung agar tidak menjadi tempat berkembangnya jentik nyamuk. Alat penutup ini dikenal dengan Topi Anti DBD. Masyarakat juga telah mengenal secara turun-temurun pengetahuan lokal untuk konservasi tanah. *Kebekolo* adalah salah satu bentuk teknik tradisional konservasi tanah yang dibuat dengan menyusun atau menumpuk deretan kayu atau dahan pada lereng dataran tinggi. Tumpukan kayu atau ranting mencegah erosi permukaan dan limpasan air. Massa kayu ini tetap ada dan secara alami terurai menjadi bahan organik lebih lanjut. Praktik ini tergantung pada kemiringan tanah. Makin curam kemiringannya, makin kecil jarak antartumpukan kayu. Model konservasi ini juga ditemukan di Sika dan Flores Timur yang dikenal dengan sebutan *blepeng*. Teknologi konservasi lahan dan air yang dikembangkan saat ini, seperti pembuatan teras, rorak, bangunan, atau saluran pengendali air, merupakan pengembangan dari pengetahuan lokal masyarakat.

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa dampak perubahan iklim mencakup empat sektor prioritas, yaitu kelautan dan pesisir, air, pertanian, dan kesehatan. Penduduk Indonesia sebagai masyarakat bahari telah akrab hidup berdampingan dengan laut. Adaptasi yang dilakukan untuk kenaikan muka laut dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu strategi mundur dan strategi akomodatif. Strategi mundur dilakukan dengan tujuan menghindari kenaikan muka laut hingga menggenangi permukiman dengan cara merelokasi permukiman. Strategi akomodatif dilakukan dengan cara menyesuaikan kenaikan muka laut. Salah satu teknologinya adalah dengan membuat rumah panggung. Jauh sebelum adanya kedua strategi tersebut, masyarakat yang tinggal di sekitar laut telah membuat permukiman dengan rumah panggung yang bersifat nonpermanen. Rumah panggung adalah bentuk teknologi adaptasi masyarakat jika terjadi kenaikan muka laut

Buku ini tidak diperjualbelikan.

secara mendadak. Selain itu, di pesisir laut banyak ditanami dengan hutan bakau yang berfungsi selain penyangga untuk kenaikan muka laut ke daratan dan intrusi air laut juga tempat *nursery* (perawatan dan pemeliharaan bagi ikan kecil) dan penyangga agar nyamuk malaria tidak menuju ke kawasan permukiman di darat. Kawasan hutan bakau mungkin dapat disamakan dengan teknologi bangunan pemecah ombak. Hutan bakau merupakan bangunan pemecah ombak dan gelombang secara alami.

Isu perubahan iklim juga sudah lama dimasukkan dalam kurikulum perguruan tinggi dan saat ini sudah mulai dimasukkan dalam kurikulum sekolah menengah dan sekolah dasar, termasuk madrasah. Di dalam pesantren diajarkan ilmu agama Islam berupa ilmu fikih, tauhid, dan akhlak. Ketiga ilmu tersebut adalah satu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan. Salah satu hadis berbunyi "Kebersihan adalah sebagian dari iman" atau "Cinta tanah air adalah sebagian dari iman". Implementasi dari hadis tersebut adalah setiap khalifah memiliki tugas menjaga kebersihan di mana pun dan kapan pun khalifah berada. Makna kebersihan dan cinta tanah air di sini lebih luas, mencakup mengelola sampah, tidak mencemari lingkungan dengan polutan (zat pencemar) selain sampah, dan tidak mencemari lingkungan dengan perbuatan yang tidak beradab. Warga pesantren dengan berbekal ilmu tersebut lebih dapat menjaga lingkungan sehingga perubahan iklim dapat dicegah atau mengubah orde *magnitude* dampak perubahan iklim menjadi lebih kecil. Di Bogor telah terdapat pesantren yang telah menerapkan kurikulum isu perubahan iklim pada setiap pengajaran dan pendidikannya.

Pendistribusian atau penyebarluasan informasi adalah salah satu bentuk teknologi adaptasi terhadap perubahan iklim. Terkait dengan penyebarluasan informasi, masyarakat desa di Indonesia sudah mengenal adanya teknologi *kentongan* (kentungan) untuk distribusi informasi. Kala teknologi radio, telepon, *handphone*, satelit, dan internet belum ada, masyarakat telah memukul kentungan sebagai tanda bahaya akan datangnya banjir, gempa bumi, pencurian, kebakaran, dan berita kematian warga. Kentungan yang berukuran

Buku ini tidak diperjualbelikan.

besar ditempatkan di sudut ruang ronda warga atau tempat yang biasanya warga berkumpul. Masing-masing rumah warga juga memiliki kentungan yang berukuran kecil. Warga yang berada di rumah, jika mendengar bunyi kentungan, akan meneruskan dengan cara memukul kentungan kecil yang terdapat di setiap rumah sehingga saling bersahutan dan bunyi kentungan akan makin jelas. Jika mendengar bunyi kentungan, warga akan bangun dan bersiap siaga menanggapi yang terjadi. Seiring perkembangan teknologi, komunikasi dengan kentungan mulai ditinggalkan. Hal ini dikarenakan oleh terjadinya perubahan sifat masyarakat yang sebelumnya adalah paguyuban, kini menjadi individualistis. Sistem keamanan wilayah diserahkan pada satuan pengamanan (satpam) atau warga yang memang disewa dan dibayar untuk tugas jaga malam atau bahkan dengan memelihara hewan peliharaan.

Bentuk teknologi radio komunikasi mungkin dapat menjadi substitusi kentungan seiring perkembangan teknologi informasi. Teknologi radio komunikasi bersifat murah, mudah, dan andal. Radio komunikasi bersifat murah dikarenakan harga dari sebuah radio komunikasi relatif tidak mahal dan tidak perlu membeli pulsa atau kuota data. Radio komunikasi menggunakan lapisan atmosfer (lapisan D, E, F1, dan F2) sebagai pemantul gelombang bunyi dari satu lokasi ke lokasi lain sehingga informasi dapat diterima dan tersebar luas. Lapisan D, E, F1, dan F2 di atmosfer bumi sudah disediakan secara alami dan berfungsi sebagai pemantul gelombang radio. Kekurangan dari komunikasi radio ini adalah jika terdapat penghalang berupa bukit atau gunung, informasi tidak akan tersebar luas. Oleh karena itu, dikembangkan dan digunakan satelit.

Radio komunikasi juga mudah digunakan, tidak perlu menghafal nomor kontak seperti pada telepon atau *handphone*. Radio komunikasi juga andal dan "bandel" (tidak cepat rusak). Pada skala desa, radio komunikasi cukup memadai untuk penyebarluasan informasi, terutama untuk kejadian bencana banjir bandang/banjir kiriman (air bah), tsunami (kenaikan muka laut), dan gempa bumi. Penggunaan radio komunikasi untuk menyampaikan informasi terkait dengan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

rambatan banjir atau tsunami dari satu tempat ke tempat lain adalah efektif. Informasi yang *real time* dan akurat dapat digunakan warga yang wilayahnya berpotensi terkena rambatan banjir bandang/kiriman atau tsunami untuk segera mengungsi atau evakuasi. Kelemahan dari teknologi *handphone* ialah saat terjadinya gempa bumi yang disertai tsunami, gelombang elektromagnetik dari *handphone* akan terganggu sehingga informasi tidak dapat sampai. Proses bisnis yang dapat dibangun untuk penyebarluasan informasi kebencanaan dapat dilakukan berawal dari sistem peringatan dini pengambil kebijakan melalui internet, lalu diteruskan ke koordinator dengan *handphone*, kemudian di lapangan penyebarluasan informasi menggunakan komunitas radio komunikasi. Saat ini di Kabupaten Tasikmalaya terdapat komunitas radio komunikasi tersebut yang berfungsi untuk penyebarluasan informasi di laut oleh radio komunitas para nelayan. Komunitas radio ini untuk menyebarluaskan informasi terkait kenaikan muka laut, ancaman naiknya gelombang dan ombak laut, atau adanya badai.

D. Rekomendasi

Dampak perubahan iklim telah nyata membawa bencana yang tidak saja pada materi, tetapi juga pada jiwa. Cordova dkk. (2005) mengemukakan bahwa hampir 80% orang yang terkena bencana akan mengalami gangguan psikologis. Gejala atau tanda-tanda gangguan psikologis ini tidak langsung muncul selepas peristiwa bencana, tetapi memiliki rentang waktu yang panjang pascabencana, sekitar satu sampai dengan sepuluh tahun. Oleh karena itu, diperlukan *treatment* bagi korban bencana yang masih hidup, baik anak-anak maupun dewasa, hingga dampak psikologis bencana dapat berkurang atau bahkan hilang.

Tidak ada kata terlambat agar perubahan iklim dan dampaknya dapat dicegah atau berkurang. Berbagai bencana terkait perubahan iklim tentu perlu dihadapi dengan ilmu pengetahuan dan teknologi (iptek). Namun, iptek bukan satu-satunya cara dari banyak sekali inovasi yang dibutuhkan untuk menanggulangi kebencanaan. Belakangan ini,

Buku ini tidak diperjualbelikan.

meningkat kesadaran dan pengakuan akan pengetahuan tradisional dan lokal. Masyarakat secara turun-temurun sudah mempraktikkan pengetahuan lokal dalam beradaptasi. Namun, di tengah makin tingginya intensitas dan frekuensi kejadian iklim ekstrem, pengetahuan lokal tersebut perlu diperkuat dengan teknologi adaptasi yang telah berkembang saat ini. Suatu survei yang dilakukan oleh Wisnubroto (1999) terhadap *pranata mangsa* dan *Wariga* menghasilkan bahwa kedua jenis kearifan lokal di sektor pertanian tersebut lebih banyak diketahui oleh kelompok masyarakat yang berumur relatif tua dan informasi terkait kedua jenis kearifan lokal tersebut banyak diketahui dari orang tua. Hal ini menunjukkan bahwa generasi saat ini tidak mengetahui *pranata mangsa* dan *Wariga*. Padahal, dari hasil penelitiannya, Wisnubroto (1999) menemukan bahwa ada keterkaitan *pranata mangsa* dan *Wariga* dengan meteorologi. *Pranata mangsa* dan *Wariga* dapat menjadi cabang ilmu baru yang mungkin dapat disebut sebagai etnoklimatologi. Pemasukan substansi kearifan lokal dalam kurikulum pelajaran muatan lokal di sekolah dan perguruan tinggi di daerah yang memiliki kearifan lokal tersebut akan menjadi pengetahuan yang tidak saja bersifat pengetahuan lokal, tetapi ketika telah diuji secara ilmiah akan menjadi pengetahuan tingkat dunia yang dapat dipatenkan. Tugas dari perguruan tinggi dan institusi penelitian adalah untuk mengkaji pengetahuan lokal secara ilmiah untuk menjadi pengetahuan tingkat dunia atau sains.

Lain halnya dengan *pranata mangsa*, *folklore* atau cerita rakyat yang berkembang di tiap daerah yang ditujukan untuk konservasi air dan tanah juga dapat dikembangkan agar air dan tanah terpelihara. Cabang ilmu etnohidrologi dapat dikembangkan untuk tujuan konservasi air dan tanah.

Pertanian di Indonesia yang sebagian besar masih mengandalkan tanaman semusim (padi) harus diubah menuju "*go green*". Pertanian padi sawah menghasilkan emisi gas rumah kaca berupa metana ketika padi memasuki tahap generatif. Teknik budi daya mina padi yang mengombinasikan menanam padi dengan memelihara ikan akan mengurangi emisi metana. Selain itu, membiakkan bakteri

Buku ini tidak diperjualbelikan.

jenis metanotrop dalam lahan sawah adalah salah satu cara untuk mengurangi emisi metana dari lahan sawah. Tanaman padi dapat dikatakan boros air ketika fase vegetatif dan menimbulkan lapisan *hardpan* (kedap air) sehingga ketika hujan dengan intensitas tinggi, lahan sawah yang ditanami padi tidak dapat menginfiltrasi air hujan. Akibatnya "banjir sawah" meluap ke area sekitar persawahan.

Kalaupun pertanian tanaman semusim dipertahankan, pertanian padi harus berbasis ruang dan waktu, jangan diseragamkan untuk setiap daerah di Indonesia. Setiap daerah memiliki jenis varietas padi lokal yang sudah beradaptasi dengan lingkungannya selama berpuluh tahun. Jenis varietas padi lokal ini mungkin akan bersesuaian dengan kuliner di setiap daerah. Sebagai contoh, penduduk Sumatra Barat lebih menyukai nasi dengan tekstur pera karena akan cocok dengan kuliner rendang. Jika terjadi tekanan perubahan iklim, varietas padi tersebut akan memiliki adaptasi yang tinggi sehingga kerusakan tanaman tidak begitu parah.

Setiap daerah di Indonesia memiliki variabilitas curah hujan yang tinggi menurut ruang dan waktu. Kalender tanam untuk setiap daerah tentunya berbeda sehingga akan memutus rantai hama dan penyakit tanaman. Kalaupun terdapat hama penyakit tanaman, pemberantasan hama dilakukan dengan pemberantasan secara biologi sehingga tidak mengemisikan polutan ke udara.

Agenda adaptasi berupa pengembangan sistem infrastruktur dan tata ruang yang tahan terhadap goncangan dan perubahan iklim harus benar-benar dilaksanakan. Setiap perencanaan infrastruktur (saluran drainase, jembatan, waduk, tanggul) harus memasukkan parameter perubahan iklim. Hal ini dikarenakan jika perencanaan infrastruktur masih menggunakan ukuran dan dimensi sebelum terjadi perubahan iklim, bangunan infrastruktur (waduk, tanggul, dan saluran drainase) akan tidak dapat menampung air hujan. Akibatnya, bangunan akan jebol tidak kuat menahan jumlah air yang lebih besar saat perubahan iklim. Banjir bandang sering kali terjadi akibat tanggul yang jebol. Hal ini dikarenakan ketika dirancang, dimensi dari tanggul tersebut belum memperhitungkan kuantitas dan intensitas curah hujan akibat dampak perubahan iklim.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Pemeliharaan bangunan penampung atau penyalur air harus dilakukan intensif selama perubahan iklim terjadi saat ini. Selain itu *restudy* tata ruang, terutama untuk pantai dan pesisir, perlu dilakukan untuk antisipasi agar dampak perubahan iklim dapat berkurang. Zonasi pantai dan pesisir menjadi zona inti (kawasan yang mengalami kenaikan muka laut), zona penyangga (hutan bakau, pemecah gelombang dan ombak), dan zona budi daya (permukiman) perlu dipastikan dan berlaku sanksi bagi yang melanggarnya. Pembuatan jalur evakuasi korban bencana harus menghubungkan ketiga jenis zonasi tersebut sehingga ketika terjadi bencana, masyarakat korban bencana tidak menemui jalan buntu. Model "rumah spons" untuk rumah panggung perlu diperhitungkan untuk dapat menyerap air pada kawasan yang mengalami kenaikan muka laut.

Pengelolaan atau manajemen bencana akibat perubahan iklim berbasis masyarakat sangat perlu ditingkatkan. Hal ini dikarenakan masyarakat sendirilah yang pertama kali mampu mengenali akan terjadi bencana, kualitas atau kekuatan bahaya dari bencana yang datang. Pengetahuan praktis terkait petunjuk gejala akan terjadinya suatu bencana (tsunami, erupsi gunung api, dan gempa bumi) dan cara evakuasi harus dimasukkan dalam kurikulum pendidikan lingkungan. Pembentukan komunitas masyarakat "melek teknologi informasi" diperlukan pada tingkat desa untuk antisipasi datangnya bencana akibat dampak perubahan iklim (banjir bandang). Sosialisasi sistem peringatan dini ke masyarakat yang rentan terhadap bencana akibat dampak perubahan iklim diperlukan dan harus dilakukan berulang.

Pembangunan stasiun penakar hujan dengan densitas rapat diperlukan mengingat variabilitas curah hujan yang tinggi di Indonesia menurut ruang dan waktu. Sering kali bencana akibat dampak perubahan iklim yang termasuk bencana hidrometeorologi terjadi pada skala desa sehingga memerlukan sekali instrumen pengukur curah hujan dengan densitas rapat (instrumen dalam jumlah yang banyak). Penggunaan kamera CCTV yang saat ini banyak terpasang di berbagai tempat (densitas rapat) dapat dijadikan substitusi untuk instrumen pengukur hujan. Densitas yang tinggi dari kamera CCTV,

Buku ini tidak diperjualbelikan.

selain sebagai instrumen pengukur curah hujan, juga dapat digunakan sebagai informasi curah hujan secara *real time* untuk daerah yang berpotensi mengalami bencana hidrometeorologi.

Integrasi antara teknologi dan kearifan lokal dalam adaptasi perubahan iklim akan menjadi pendekatan yang sangat efektif. Setiap wilayah memiliki karakteristik iklim, geografi, dan budaya yang unik. Oleh karena itu, pendekatan yang memadukan teknologi dengan pengetahuan lokal dapat menyesuaikan solusi untuk situasi khusus di setiap wilayah. Kearifan lokal sering kali didasarkan pada pengalaman dan pengetahuan yang telah diuji selama bertahun-tahun dalam menghadapi tantangan iklim tertentu di wilayah tertentu. Ini adalah pengetahuan yang telah terbukti efektif dalam konteks lokal. Integrasi kearifan lokal dalam solusi adaptasi iklim dapat memperkuat dukungan masyarakat lokal. Hal ini dikarenakan pendekatan tersebut mencerminkan budaya dan nilai-nilai adiluhung sehingga lebih mungkin diterima dan didukung. Beberapa pendekatan yang dapat dilakukan dalam integrasi teknologi dan kearifan lokal di antaranya sebagai berikut.

1) Identifikasi tantangan lokal

   Setiap wilayah memiliki karakteristik iklim, geografi, dan budaya yang unik. Perubahan iklim juga memberikan dampak yang berbeda antar wilayah. Oleh karena itu, pemahaman dampak tentang perubahan iklim yang spesifik sangat diperlukan. Hal ini menjadi *entry point* dalam introduksi teknologi.

2) Peningkatan kesadaran perubahan iklim

   Peningkatan kesadaran akan perubahan iklim merupakan langkah penting dalam adaptasi perubahan iklim. Sikap kesadaran yang lebih tinggi mengakibatkan individu dan komunitas akan bertindak untuk menyesuaikan diri dan mengambil tindakan untuk mengurangi dampak perubahan iklim secara gerak cepat. Peningkatan kesadaran perubahan iklim dapat dilakukan melalui masyarakat. Peran masyarakat sangat penting. Oleh karena itu, pengetahuan adaptasi perubahan iklim sudah seharusnya

Buku ini tidak diperjualbelikan.

diintegrasikan dalam kurikulum masyarakat di semua tingkatan sehingga setiap generasi mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang isu ini.

3) Partisipasi masyarakat

Komunitas harus dilibatkan dalam pengambilan keputusan adaptasi perubahan iklim. Komunitas juga sangat berperan dalam diseminasi dan penyebaran informasi adaptasi perubahan iklim.

Referensi

Aldrian, E., Karmini, M., & Budiman. (2011). *Adaptasi dan mitigasi perubahan iklim di Indonesia*. Pusat Perubahan Iklim dan Kualitas Udara, Kedeputian Bidang Klimatologi, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.

Cahyono, W. E., & Supriatin, L. S. (2015). Pemanasan global: Penyebab dan dampaknya pada ekosistem., Dalam *Polusi udara dan gas rumah kaca* (38–45). Media Akselerasi.

Cordova, M.J., Walser, R., Neff, J., & Ruzek, J. I. (2005). Predictors of emotional adjusment following traumatic injury: Personal, social, and material resources. *Prehospital & Disaster Medicine*, *20*(1), 7–13.

Findayani, A. (2015). Kesiapsiagaan masyarakat dalam penanggulangan banjir di Kota Semarang. *Jurnal Geografi*, *12*(1).

Godish, T. (2004). *Air quality* (4th edition). Lewis Publishers.

Khairullah, I., Ar-Riza, I., & Nurita. (2017). *Kearifan lokal petani lahan rawa lebak*. IAARD Press. Diunduh pada 15 Mei, 2023, dari https://repository.pertanian.go.id/server/api/core/bitstreams/a272c6db-a52e-48bf-85f0- 9ac531838fab/content

Kementerian PPN/Bappenas. (2014). *Rencana aksi nasional adaptasi perubahan iklim*.

Komariah, Ariyanto, D. P., Sumani, Yanti, Y., Setyawati, A., & Priswita, R. P. W. (2021). Kearifan lokal padi ratun sebagai upaya mitigasi dan adaptasi perubahan iklim di Desa Wonosari, Kecamatan Gondangrejo. *Jurnal Semar*, *10*(1), 7–12.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Kusumasanyoto, S. (2009). *Pembangunan sumber daya air dalam dimensi hamemayu hayuning bawono*. Hasta Cipta Mandiri.

Maridi. (2015). Mengangkat budaya dan kearifan lokal dalam sistem konservasi tanah dan air. Dalam *Prosiding seminar nasional XII pendidikan biologi FKIP UNS* (20–39). https://jurnal.uns.ac.id/prosbi/article/view/6672

Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana. (2008). https://peraturan.bpk.go.id/Details/4833

Smit, B., Burton, I., Klein, R. J. T., & Street, R. (1999). The science of adaptation: A framework for assessment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, *4*, 199–213.

Supriatin, L. S. (2014). *Sistem pertanian padi sawah berkelanjutan pada iklim tropika basah* [Disertasi]. Program Pasca Sarjana Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia.

Syahputra, A., Asyiah, I. N., & Iqbal, M. (2019). Studi etnologi pengendalian hama dan penyakit tanaman pada masyarakat Kabupaten Situbondo, Jawa Timur. Dalam *Prosiding seminar nasional masyarakat biodiversitas Indonesia*, v*olume 5, nomor 3* (438–443).

Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana. (2007). https://peraturan.bpk.go.id/Details/39901/uu-no-24-tahun-2007(2007).

Vávra, J., Lapka, M., Cudlínová, E., & Dvořáková-Líšková, Z. (2015). Local perception of floods in the Czech Republic and recent changes in state flood management strategies. *Journal of Flood Risk Management*,.*10*, 238–252. https://doi.org/10.1111/jfr3.12156

Wisnubroto, S. (1999). *Pengenalan waktu tradisional pranata mangsa dan wariga menurut jabaran meteorologi: Manfaatnya dalam pertanian dan sosial.* Mitra Gama Widya.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.





Glosarium

3M	: metode pencegahan DBD dengan cara menutup, menguras, dan mengelola sampah untuk menghalangi nyamuk bertelur di dalam air bersih
adaptasi perubahan iklim	: penyesuaian manusia terhadap sistem alam atau upaya praktis untuk melindungi masyarakat dari kemungkinan gangguan dan kerusakan yang ditimbulkan sebagai dampak perubahan iklim
adaptif terhadap perubahan iklim	: potensi atau kemampuan ternak untuk beradaptasi terhadap dampak perubahan iklim
Aedes aegypti	: nama nyamuk sebagai penyebar/vektor penyakit DBD yang mempunyai ciri-ciri ukuran sedang dengan tubuh dan tungkainya ditutupi sisik dengan garis-garis putih dengan warna dasar hitam kecokelatan yang menyukai tempat perindukan di air bersih yang ada di dalam rumah
agen perubahan sosial	: kelompok masyarakat atau individu yang berupaya mendorong terjadinya perubahan struktur dan tatanan sosial suatu kelompok masyarakat menuju pada kemajuan dan perubahan yang lebih baik
agrobisnis	: berasal dari kata agrikultur dan bisnis, adalah usaha dalam bidang pertanian untuk memenuhi kebutuhan pangan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

agroekologi	:	berasal kata agro (pertanian), eko (lingkungan), dan logi (ilmu), adalah ilmu pertanian yang memperhatikan penyelamatan lingkungan dan berkelanjutan dan menerapkan ekologi dalam pengelolaan pertanian
agroekosistem	:	hubungan timbal balik antara sekelompok manusia (masyarakat) dan lingkungan fisik dari lingkungan hidupnya guna memungkinkan kelangsungan hidup kelompok manusia (masyarakat) tersebut; suatu bentuk komunitas hewan, tumbuhan, dan lingkungannya yang saling berinteraksi dan dikelola oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan hidupnya dan menghasilkan sumber makanan
agroforestry	:	suatu bentuk pengelolaan sumber daya yang memadukan kegiatan pengelolaan hutan atau pohon kayu-kayuan dengan penanaman komoditas atau tanaman jangka pendek, seperti tanaman pertanian
air tanah tersedia	:	semua air yang terdapat pada lapisan pengandung air (akuifer) di bawah permukaan tanah, mengisi ruang pori batuan, dan berada di bawah permukaan tanah tersedia untuk tanaman
akuifer	:	suatu formasi geologi yang jenuh air yang mempunyai kemampuan untuk menyimpan dan meluluskan air dalam jumlah cukup dan ekonomis, serta yang mana bentuk dan kedalamannya terbentuk ketika terbentuknya cekungan air tanah
aktor sosial	:	pihak, baik individu maupun kolektif, yang terlibat dalam tindakan yang disengaja yang dibentuk oleh ekspektasi yang terinternalisasi yang membangun jaringan, ide, informasi, dan praktik dengan tujuan mencari peluang atau melakukan perubahan sosial
akuifer buatan dan simpanan air hujan (ABSAH)	:	merupakan salah satu teknologi pemanenan air hujan secara komunal. Bangunan ABSAH adalah bangunan penyediaan air baku mandiri yang dibuat dengan memanfaatkan air hujan yang disimpan dan dialirkan ke dalam akuifer buatan, kemudian ditampung dalam sebuah reservoir atau bak pengambilan air.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

alley cropping	:	sistem budi daya tanaman pangan yang ditanam di lorong antara pohon atau semak/rumput pagar atau kombinasi keduanya
angka bebas jentik (ABJ)	:	angka yang menunjukkan rumah yang bebas jentik dibanding dengan semua rumah yang diperiksa dan dikalikan dengan 100%
antibiotik iono-forik	:	senyawa yang dihasilkan oleh mikroorganisme terutama bakteri pembentuk spora, yang berfungsi khusus meningkatkan permeabilitas ion membran sel
Antroposen	:	kala atau epos baru menggantikan Holosen, yang bermula ketika aktivitas manusia meningkat secara masif dan memiliki pengaruh yang sangat signifikan di level global terhadap ekosistem Bumi. Manusia dipertimbangkan sebagai daya geologi baru dalam skala waktu geologi. Epos ini belum diakui secara resmi.
atmosfer	:	lapisan udara yang menyelubungi bumi sampai ketinggian 300 km (terutama terdiri atas campuran berbagai gas, yaitu nitrogen, oksigen, argon, dan sejumlah kecil gas lain)
bahan organik	:	bahan yang biasanya berasal dari tanaman atau binatang
bakteri metanogen	:	kelompok bakteri yang berada di lingkungan tanpa oksigen. Bakteri metanogen mendapatkan energi dari metabolisme antara karbon dioksida dan hidrogen yang menghasilkan gas metana sebagai produk buangannya.
banjir	:	peristiwa terbenamnya daratan (yang biasanya kering) karena volume air yang meningkat
big gun sprinkler	:	sistem irigasi curah berukuran besar, memiliki jangkauan dan kapasitas debit besar, dan bersifat *mobile* (mudah dipasang dan dipindahkan). Sistem ini cocok diaplikasikan untuk mengirigasi tanaman pangan, sayuran.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

biochar	: arang yang dihasilkan dari bahan tanaman dan disimpan di dalam tanah sebagai alat untuk menghilangkan karbon dioksida dari atmosfer; padatan kaya karbon yang dihasilkan dari pirolisis biomassa, seperti kayu, serasah, pupuk kandang, dan limbah lainnya di bawah suhu tinggi dan kondisi oksigen rendah yang digunakan untuk aplikasi pertanian sebagai bahan pembenah tanah
biogas	: gas alami yang dihasilkan dari pemecahan bahan organik oleh bakteri anaerob dan digunakan dalam produksi energi.
biomassa	: bahan organik yang berasal dari organisme di bumi dan dihasilkan melalui proses fotosintesis baik berupa produk atau buangan
carbon pricing	: padanannya nilai ekonomi karbon; adalah sebuah instrumen yang mencatat biaya eksternal emisi gas rumah kaca
case fatality rate	: angka yang menunjukkan tingkat kematian akibat DBD dibanding dengan semua kasus DBD dan DSS serta dikalikan 100%
climate change fiscal framework	: salah satu kajian kebijakan untuk mendukung Pemerintah Indonesia dalam merumuskan strategi pendanaan iklim yang kuat, baik dari dalam negeri maupun internasional
climate smart agriculture	: merupakan pendekatan terpadu dalam mengelola lahan untuk membantu metode adaptasi pertanian, peternakan, dan tanaman pangan terhadap dampak perubahan iklim. Jika memungkinkan, pendekatan ini menangkal dampak tersebut dengan mengurangi emisi gas rumah kaca dari pertanian, sambil mempertimbangkan pertumbuhan populasi dunia untuk memastikan keamanan pangan. Penekanannya tidak hanya pada pertanian karbon atau pertanian berkelanjutan, tetapi juga pada peningkatan produktivitas pertanian.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

co-benefit : manfaat tidak langsung atau manfaat sekunder yang dihasilkan dari sebuah kebijakan, program, atau kegiatan yang telah direncanakan

container index : persentase jumlah kontainer yang ditemukan jentik dalam seluruh kontainer yang diperiksa di rumah-rumah penduduk yang diperiksa secara acak

cover crop : padanannya tanaman penutup tanah; adalah tumbuhan atau tanaman yang khusus ditanam untuk melindungi tanah dari ancaman kerusakan oleh erosi dan/atau untuk memperbaiki sifat kimia dan sifat fisik tanah

circular economy : sistem ekonomi yang didasarkan pada penggunaan kembali dan regenerasi bahan atau produk, terutama sebagai sarana untuk melanjutkan produksi dengan cara yang berkelanjutan atau ramah lingkungan

daerah tadah air hujan : daerah yang sumber air bersihnya banyak menggantungkan pada air hujan

dam parit : bangunan pemanen air (reservoir) yang memanen/menahan/membendung aliran air di sungai/parit kemudian dialirkan ke dalam saluran, kolam, atau tangki penampung dan dapat digunakan untuk mengairi lahan di sekitarnya

datar imahan : istilah leluhur wilayah dataran rendah yang digunakan untuk tempat tinggal

dekolonialisasi : proses suatu wilayah terlepas dari pengaruh koloni, prinsipnya bebas secara politik, pengetahuan, budaya, dan sosial

dekomposisi anaerob : proses dekomposisi bahan organik tanpa adanya oksigen

dengue shock syndrome : kondisi syok pada pasien DBD dengan gejala tekanan darah yang cenderung menurun, pupil melebar, napas sesak, mulut terasa kering, denyut nadi lemah, kulit cenderung lembap dan basah, akral terasa dingin, dan jumlah air kencing menurun. Kondisi ini sering menyebabkan kematian.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

disseminated intravascular coagulation	: kondisi di mana proses pembekuan darah terjadi secara berlebihan, yang pada akhirnya menyebabkan berbagai komplikasi berbahaya, seperti kegagalan banyak organ (*multi-organ failure*)
efek rumah kaca	: kemampuan atmosfer mempertahankan suhu udara panas dari matahari
ekologi	: cabang ilmu biologi yang mempelajari hubungan timbal balik antara organisme dan lingkungannya
ekosofi	: pemahaman individu terhadap pentingnya berperan dalam penyelamatan lingkungan yang dapat dikembangkan berdasarkan tiga dimensi, meliputi dimensi intelektual, dimensi spiritual, dan dimensi emosional
El Niño	: fenomena peningkatan suhu di atas kondisi normal di permukaan air Samudra Pasifik bagian tengah hingga timur. Fenomena tersebut membuat angin pasat yang normalnya berhembus dari timur ke barat melemah, bahkan berbalik arah. Air hangat yang bergeser ke arah timur menyebabkan proses penguapan, pembentukan awan, dan hujan ikut bergeser menjauhi Indonesia.
embung	: bangunan yang dibangun dan berfungsi selain sebagai pemanen aliran permukaan dan air hujan, juga sebagai tempat resapan yang akan mempertinggi kandungan air tanah
emerging and re-emerging diseases	: penyakit yang baru muncul pada suatu populasi atau muncul kembali dengan insiden yang jangkauan geografisnya meningkat dengan cepat
emisi	: sejumlah gas, panas, cahaya, dan lain-lain yang dikirimkan keluar. Emisi dapat terjadi dalam berbagai bentuk seperti emisi gas, emisi partikel, radiasi, dan lain-lain. Emisi sering dikaitkan dengan dampak negatif terhadap lingkungan, seperti emisi karbon yang menyebabkan pemanasan global.
energy transition mechanism	: program peningkatan pembangunan infrastruktur energi dan percepatan transisi energi menuju *net zero emission* dengan prinsip berkeadilan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

epidemiologi : ilmu yang mempelajari tentang pola penyebaran penyakit atau kejadian yang berhubungan dengan kesehatan beserta faktor yang memengaruhinya dan terkait dengan waktu, orang, dan tempat

erosi tanah : proses penghanyutan tanah dan merupakan gejala alam yang sangat wajar dan terus akan berlangsung selama terdapat di mana ada aliran pada permukaan

fermentasi *enteric* : proses pencernaan pakan oleh mikroba di dalam saluran pencernaan ternak ruminansia (rumen)

fikih agraria : konsep, pengertian, teori agraria, serta penerapannya dalam konteks ke-Indonesia-an, berisi tentang nilai-nilai, etika, dan kebijaksanaan dalam mengelola agraria dan berbagai aspek yang melingkupinya berdasarkan ajaran Islam

fikih : ilmu yang membahas tentang ajaran dasar Islam mengenai lingkungan, memahami cara pencegahan kerusakan dan konservasi lingkungan

fogging : Merupakan penyemprotan dengan insektisida tertentu dan dosis tertentu yang sudah dicampur dengan air atau solar, biasanya dilakukan saat ada penularan DBD, berfungsi untuk mempercepat putusnya mata rantai penularan

gas metana : gas yang tidak berwarna, tidak berbau, dan mudah terbakar. Saat dibakar dengan adanya oksigen, metana akan menghasilkan karbon dioksida dan uap air. Metana dihasilkan dari serangkaian aktivitas kimia dari bahan organik yang terurai di lingkungan rendah oksigen. Di atmosfer, metana 25 kali lebih kuat dari karbon dioksida dalam memerangkap panas.

gas rumah kaca (GRK) : kumpulan gas di atmosfer bumi yang menahan panas matahari keluar dari bumi, menyebabkan efek seperti rumah kaca. Kumpulan gas tersebut sebenarnya muncul secara alami, tetapi juga dapat muncul dari aktivitas manusia. Gas rumah kaca yang berada di atmosfer bumi ialah uap air (H_2O), karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), dan dinitrogen monoksida (N_2O).

Buku ini tidak diperjualbelikan.

gunung kayuan	: istilah leluhur untuk kawasan hutan lindung harus ditanami pohon-pohon dan dijaga keberadaannya sesuai tutur leluhur
gurandil	: penambang emas tanpa ijin
hidrolik konduktivitas	: parameter atau ukuran yang dapat menggambarkan kemampuan tanah dalam melewatkan air
house index	: jumlah rumah yang positif jentik dibandingkan jumlah semua rumah yang diperiksa dan dikalikan 100%
hujan asam	: segala macam hujan dengan kandungan air hujan yang memiliki pH di bawah 5,6
iklim mikro	: kondisi iklim di suatu area/tempat terbatas yang dipengaruhi oleh radiasi matahari, suhu udara, dan kelembapan
incident rate	: angka kesakitan DBD yang dihitung per 100.000 penduduk
infeksi dengue	: infeksi yang disebabkan karena virus dengue yang bisa berupa demam dengue dan demam berdarah dengue
infiltrasi hujan	: proses masuknya air hujan ke dalam tanah sebagai akibat dari adanya gaya kapiler sekaligus gaya gravitasi supaya air dapat masuk ke tanah yang lebih dalam
intercropping sist	: model penanaman dua atau lebih tanaman secara berdekatan
jentik (larva) nyamuk	: salah satu fase dalam siklus nyamuk *Aedes aegypti* atau calon nyamuk pada stadium perkembangbiakan nyamuk mulai dari telur menetas sampai menjadi pupa. Ciri-ciri jentik/larva *Aedes aegypti* ialah (1) berenang bebas di air dan tidak melekat pada akar tanaman air; (2) mempunyai *siphon* yang besar tetapi pendek; dan (3) membentuk sudut dengan permukaan air, saat istirahat.
jublak	: pengerukan tanah pada lahan sawah untuk mengangkat lapisan atas sekitar 40–60 cm, tanah yang telah diangkat kemudian dibuang ke tempat lain di luar sawah. Aktivitas ini dipercaya mampu menyuburkan tanah pada lahan sawah.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

karbon dioksida : dikenal juga dengan zat asam arang (CO_2); sejenis senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan sebuah atom karbon, berbentuk gas pada keadaan temperatur dan tekanan standar dan berada di atmosfer bumi

karbon : salah satu unsur kimia yang memiliki simbol C, salah satu unsur penting dalam menyusun bahan organik. Karbon terbentuk secara organik dan anorganik.

kearifan lokal : pandangan hidup dan ilmu pengetahuan serta berbagai strategi kehidupan yang berwujud aktivitas yang dilakukan oleh masyarakat lokal dalam menjawab berbagai masalah dalam pemenuhan kebutuhan mereka

keberlanjutan : kemampuan suatu sistem biologis yang tetap mampu menghidupi keanekaragaman hayati dan memiliki produktivitas tanpa batas, terkait dengan kesejahteraan ekonomi, kesejahteraan sosial, dan kesejahteraan lingkungan

kejadian luar biasa : biasa disingkat KLB, adalah timbulnya atau meningkatnya kejadian kesakitan dan/atau kematian yang bermakna secara epidemiologis pada suatu daerah dalam kurun waktu tertentu

kerentanan : suatu kondisi dari komunitas atau masyarakat yang menyebabkan ketidakmampuan dalam menghadapi ancaman atau bencana

kerusakan ekologis : rusak atau tidak stabilnya hubungan timbal balik antara organisme dan lingkungan yang menyebabkan proses timbal balik tersebut tidak berjalan seperti semestinya

ketahanan iklim : kapasitas sosial, ekonomi dan ekosistem untuk mengatasi peristiwa atau tren atau gangguan berbahaya yang dilakukan dengan menanggapi atau melakukan reorganisasi dengan cara yang menjaga fungsi, identitas, dan struktur dengan fokus utama untuk mengurangi kerentanan akibat dampak perubahan iklim

Buku ini tidak diperjualbelikan.

ketahanan pangan	: suatu kondisi terpenuhinya kebutuhan pangan bagi rumah tangga yang tecermin dari tersedianya pangan secara cukup, baik dari jumlah maupun mutunya, aman, merata, dan terjangkau
KLB DBD	: terjadinya peningkatan jumlah penderita DBD di suatu wilayah sebanyak dua kali atau lebih dalam kurun waktu satu minggu/bulan dibandingkan dengan minggu/bulan sebelumnya atau bulan yang sama pada tahun lalu
konservasi tanah	: penempatan setiap bidang tanah dengan cara penggunaan yang sesuai dengan kemampuan tanah dan tidak memperlakukannya sesuai dengan syarat-syarat yang diperlukan agar tidak terjadi kerusakan tanah
konservasi	: upaya menjaga kelestarian lingkungan dan menjaga kesejahteraan manusia secara berkelanjutan
krisis iklim	: kondisi yang mengacu pada perubahan iklim secara ekstrem dengan jangka panjang tertentu, terutama terkait suhu dan pola cuaca. Kondisi krisis iklim makin mengalami perubahan yang terjadi lebih cepat sejak era Revolusi Industri abad ke-18.
La Niña	: fenomena samudra dan atmosfer yang merupakan fenomena lebih dingin dari El Niño dan merupakan bagian dari El Niño-Selatan yang lebih luas
lahan kering	: hamparan lahan yang tidak pernah tergenang atau digenangi air pada sebagian besar waktu dalam setahun atau sepanjang waktu
lahan kering iklim kering	: disingkat LKIK, adalah lahan kering yang mempunyai regim kelembapan tanah ustik atau termasuk pada iklim kering dengan jumlah curah hujan <2.000 mm per tahun, bulan kering >7 bulan, atau curah hujan <100 mm per bulan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

lahan kering masam : disingkat LKM, adalah lahan kering yang mempunyai reaksi tanah masam (pH < 5). Dalam klasifikasi tanah skala 1:1.000.000, lahan kering masam ini dijumpai pada ordo tanah yang telah mengalami perkembangan lanjut, atau tanah muda atau baru berkembang atau tanah dari bahan induk sedimen dan volkan tua, atau tanah lainnya dengan kejenuhan basa rendah <50% (dystrik), rezim kelembapan tanah udik atau curah hujan >2.000 mm per tahun.

lahan sawah tadah hujan : disingkat LSTH, adalah sawah yang sistem pengairannya sangat mengandalkan curah hujan. Jenis sawah ini hanya menghasilkan pada musim hujan. Pada musim kemarau, sawah ini dibiarkan tidak diolah karena air sulit diperoleh atau tidak ada sama sekali. Sawah tadah hujan umumnya hanya dipanen setahun sekali.

laju erosi : dikenal juga dengan istilah pengikisan, adalah suatu peristiwa yang terjadi secara alami oleh pengikisan padatan (endapan, tanah, batuan, dan partikel lainnya) akibat transportasi oleh angin, tanah, dan material lain di bawah pengaruh gravitasi atau oleh makhluk hidup semisal hewan yang membuat liang atau pertumbuhan akar tanaman yang mengakibatkan retakan tanah

lamping awian : istilah leluhur untuk wilayah sekitar pegunungan berupa tebing dengan kemiringan permukaan tanah ditanami bambu untuk mempertahankan tanah dan mencegah bencana longsor

lapisan ozon : bagian dari atmosfer bumi yang berada pada ketinggian sekitar 15–35 km di atas permukaan bumi

larvasida : bubuk insektisida yang ditaburkan ke air dengan dosis tertentu yang bisa untuk memberantas jentik nyamuk *Aedes* sp.

lebak sawahan : istilah leluhur untuk wilayah dataran rendah yang dekat dengan mata air digunakan untuk menanam padi sebagai sumber pangan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

leuweung garapan	: lahan dalam kawasan hutan yang boleh digarap manusia untuk usaha pertanian maupun perkebunan
leuweung titipan	: kawasan hutan yang tidak boleh dikelola dan harus dipelihara keberadaannya karena berfungsi menahan air dan menjaga kelestarian akan keanekaragaman hayati untuk mempertahankan ekosistem. Kawasan ini sebagai titipan leluhur dan titipan Tuhan yang wajib dijaga oleh manusia demi keselamatan lingkungan dan keanekaragaman hayati.
leuweung tutupan	: area hutan yang dimanfaatkan dan ditebang pohonnya untuk diambil kayu ataupun non-kayu yang dapat dimanfaatkan untuk kehidupan manusia. Penanaman kembali harus dilakukan untuk menjaga kelestarian dan keberadaan hutan yang berada dalam area ini.
light emiting diode	: disingkat LED, adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju. LED merupakan keluarga dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor.
metabolisme	: proses biokimia kompleks yang terjadi dalam tubuh makhluk hidup
mitigasi	: serangkaian upaya untuk mengurangi resiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana
modernisasi ekologis	: upaya adaptasi masyarakat industrial terhadap perubahan lingkungan hidupnya dengan cara menggunakan ilmu pengetahuan dan teknologi terapan
organisme pengganggu tanaman	: semua organisme yang dapat merusak, mengganggu kehidupan atau menyebabkan kematian pada tanaman, termasuk di dalamnya adalah hama, penyakit, gulma, dan virus
pakan aditif	: bahan makanan pelengkap yang dipakai sebagai sumber penyedia vitamin, mineral, antibiotika, probiotik, prebiotik, enzim, asam organik, dan fitobiotik

Buku ini tidak diperjualbelikan.

palawija : tanaman selain padi; biasa ditanam di sawah atau di ladang (seperti kacang, jagung, ubi)

pancaroba : masa peralihan atau transisi antara dua musim, seperti musim penghujan ke musim kemarau, dan sebaliknya

panen air hujan : teknologi untuk mengumpulkan, mengalirkan, dan menyimpan air dari permukaan yang relatif bersih seperti atap rumah, permukaan tanah, suatu daerah tangkapan (mikro DAS), atau dari sungai-sungai musiman untuk dipergunakan pada saat diperlukan

pemanasan global : suatu bentuk ketidakseimbangan ekosistem di bumi akibat terjadinya proses peningkatan suhu rata-rata atmosfer, laut, dan daratan di bumi

pemupukan berimbang : pemberian pupuk ke dalam tanah untuk mencapai status semua hara esensial seimbang sesuai kebutuhan tanaman dan optimum untuk meningkatkan produksi dan mutu hasil, meningkatkan efisiensi pemupukan, kesuburan tanah, serta menghindari pencemaran lingkungan

pengelolaan hara : suatu pendekatan yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi dan melindungi dari kerusakan lingkungan

pengelolaan kotoran ternak : sistem penyimpanan dan pengolahan feses ternak ruminansia

pengetahuan lokal : sistem pengetahuan atau kearifan tradisional yang khas dimiliki oleh suatu masyarakat atau budaya tertentu secara turun-temurun sebagai hasil dari proses hubungan timbal balik dengan lingkungan alamnya

demam berdarah dengue : penyakit yang disebabkan oleh virus dengue dan ditularkan oleh nyamuk *Aedes* sp. Ditandai dengan demam tinggi mendadak 3–5 hari ditambah nyeri kepala, nyeri saat menggerakan bola mata dan nyeri punggung, kadang disertai adanya tanda-tanda perdarahan. Pada kasus yang lebih berat dapat menimbulkan nyeri ulu hati, perdarahan saluran cerna, syok, hingga kematian.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

penyakit vektor	: penyakit yang disebabkan oleh organisme yang menularkan patogen dan parasit dari manusia/hewan yang terinfeksi kepada manusia/hewan lainnya populasi manusia
penyakit zoonosis	: penyakit yang dapat ditularkan dari hewan ke manusia atau sebaliknya. Zoonosis disebabkan oleh mikroorganisme parasit yang dapat berupa bakteri, virus, jamur, serta parasit, seperti protozoa dan cacing.
pergerakan sosial	: gerakan yang dilakukan oleh sejumlah orang yang sifatnya terorganisasi dengan tujuan untuk merubah atau mempertahankan suatu konsep dan pemikiran tertentu dalam masyarakat yang luas
pertanian berkelanjutan	: metode yang berfokus pada keberlanjutan ekologi dan ekonomi. Pertanian ini tidak hanya mengejar keuntungan finansial, tetapi juga memperhatikan dampaknya pada alam dan masyarakat. Prinsip utamanya adalah penggunaan sumber daya yang bijaksana, seperti pemupukan organik, pengendalian hama alami, dan pola tanam yang ramah lingkungan.
perubahan iklim global	: pergeseran/perubahan pola cuaca yang bersifat menyeluruh, tidak hanya terjadi pada satu area atau wilayah tertentu
perubahan iklim	: kondisi beberapa unsur iklim yang *magnitude* dan/atau intensitasnya cenderung berubah atau menyimpang dari dinamika dan kondisi rata-rata, menuju ke arah (tren) tertentu (meningkat atau menurun). Indikasi terjadinya perubahan iklim, yaitu (1) peningkatan suhu udara/bumi rata-rata; (2) peningkatan frekuensi kejadian iklim ekstrem; (3) peningkatan permukaan air laut; dan (4) perubahan pola curah hujan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

perubahan iklim : perubahan jangka panjang dalam suhu dan pola cuaca. Pergeseran ini terjadi secara alami, seperti melalui variasi siklus matahari. Namun, sejak tahun 1800-an, aktivitas manusia telah menjadi penyebab utama perubahan iklim, terutama akibat pembakaran bahan bakar fosil, seperti batu bara, minyak, dan gas. Pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan emisi gas rumah kaca yang bekerja seperti selimut yang melilit bumi, menghasilkan panas matahari, dan menaikkan suhu.

perubahan sosial : segala perubahan pada lembaga-lembaga kemasyarakatan dalam suatu masyarakat yang memengaruhi sistem sosialnya, mencakup nilai, sikap, dan pola perilaku di antara kelompok dalam masyarakat

pesantren khalafiyah : pondok pesantren dengan pendekatan modern, melalui satuan pendidikan formal, baik madrasah (MI, MTS, MA, atau MAK), maupun sekolah (SD, SMP, SMA, dan SMK), atau nama lainnya, tetapi dengan pendekatan klasikal

pesantren salafiyah : pesantren tradisional, klasik, dan kuno yang mengajarkan amalan orang-orang salaf melalui kitab kuning

polifenol : senyawa yang terkandung alami dalam tumbuhan dan sangat bermanfaat untuk tubuh karena sifat antioksidannya

poliferasi inang penyakit : replikasi patogen dalam sel inang yang terinfeksi

polusi : bercampurnya zat, energi, atau komponen lain ke dalam lingkungan karena aktivitas manusia

pooling fund : sebuah skema mengumpulkan, mengakumulasi, dan menyalurkan dana dari berbagai kalangan khusus oleh sebuah lembaga pengelola dana untuk mengatasi bencana

Buku ini tidak diperjualbelikan.

porositas	: ukuran dari ruang kosong di antara material dan merupakan fraksi dari volume ruang kosong terhadap total volume, yang bernilai antara 0 dan 1, atau sebagai persentase antara 0%–100% dan bergantung pada jenis bahan, ukuran bahan, distribusi pori, sementasi, riwayat diagenetik, dan komposisinya.
probiotik	: bahan yang mengandung berbagai jenis mikro-organisme, seperti ragi dan bakteri, yang bermanfaat untuk meningkatkan pencernaan dan mengembalikan kandungan mikroba usus yang normal.
proses nitrifikasi	: proses ketika amonia (NH_3) atau amonium (NH_4^+) diubah menjadi nitrat (NO_3^-).
pupuk anorganik	: pupuk yang berasal dari bahan anorganik, biasanya mengandung unsur hara/mineral tertentu. Jenis pupuk ini biasa dikenal pula dengan sebutan pupuk kimia.
pupuk organik	: pupuk yang tersusun dari materi makhluk hidup, seperti pelapukan sisa-sisa tanaman, hewan, dan bahan organik lainnya.
radio komunitas	: radio yang didirikan di komunitas, untuk komunitas, tentang komunitas, dan oleh komunitas. Radio komunitas didefinisikan dari tiga aspek yang menjadi cirinya: kegiatannya nirlaba, komunitas memiliki kendali atas kepemilikannya, dan bercirikan partisipasi komunitas.
run-off (aliran permukaan)	: air yang berasal dari air hujan yang menjulur di permukaan tanah.
segitiga epidemiologi	: konsep dasar dalam epidemiologi yang menggambarkan hubungan antara tiga faktor utama yang berperan, yaitu *agent, host*, dan *environment.*
service per conception	: angka yang menunjukan jumlah perkawinan yang dapat menghasilkan satu kebuntingan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

siklus nyamuk : daur hidup nyamuk *Aedes* sp. yang dimulai nyamuk dewasa bertelur di tempat perindukannya, seperti *profil tank*, drum, kamar mandi, belakang kulkas, tempat minum burung, ban bekas, dan sampah yang menampung air hujan. Telur tersebut akan berubah dan berkembang menjadi larva, pupa, dan kemudian berkembang menjadi nyamuk dewasa. Perkembangan nyamuk tersebut memakan waktu sekitar 1–2 minggu. Telur, larva, dan pupa hidup di dalam air dan nyamuk dewasa hidup di udara.

silvopastur : sistem integrasi antara pepohonan dan padang penggembalaan untuk ternak di lahan yang sama.

sistem agraria : sistem pembagian, pengolahan, dan pemilikan lahan.

sistem irigasi berselang terputus : sistem pertanian padi/sawah yang tidak selalu tergenang oleh air. Biasanya pada sistem ini, sawah digenangi air pada fase-fase penting dalam pertumbuhan padi.

sistem peringatan dini : serangkaian sistem untuk memberitahukan akan timbulnya kejadian alam, dapat berupa bencana maupun tanda-tanda alam lainnya. Peringatan dini pada masyarakat atas bencana merupakan tindakan memberikan informasi dengan bahasa yang mudah dicerna oleh masyarakat.

strip cropping : praktik pertanian yang menggunakan jalur tanaman untuk mengurangi erosi tanah, terutama pada lahan miring untuk meningkatkan produktivitas lahan.

surveilans : kegiatan pengamatan yang sistematis dan secara terus-menerus tentang kejadian penyakit atau masalah kesehatan dan kondisi yang memengaruhi terjadinya peningkatan dan penularan penyakit tersebut guna mengarahkan tindakan pengendalian dan penanggulangan secara efektif dan efisien.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

tampungan air mini sistem renteng	: disingkat TAMREN, adalah beberapa tampungan air pada suatu areal tanam yang dimanfaatkan untuk irigasi di lahan kering/tadah hujan sehingga pola tanam lebih bervariasi. Dengan TAMREN, upaya panen hujan untuk meningkatkan potensi sumber daya air di suatu wilayah menjadi lebih optimal.
tanin	: zat kimia kompleks yang berasal dari asam fenolik/ asam tanat, ditemukan di banyak spesies tanaman.
teknologi kearifan lokal	: penggabungan teknologi dengan kearifan lokal masyarakat setempat.
temperature humidity index	: nilai yang merupakan gabungan efek suhu dan kelembapan udara yang terkait dengan tingkat stres terhadap suhu lingkungan.
termoregulasi	: proses penjagaan suhu internal hewan dan manusia dalam kisaran yang dapat ditoleransi.
ternak ruminansia	: hewan mamalia herbivor pemamah biak yang merumput atau menjelajah yang mampu memperoleh nutrisi dari makanan nabati dengan memfermentasinya dalam perut khusus sebelum dicerna, terutama melalui tindakan mikroba.
the Great Acceleration	: secara dramatis terjadi perubahan besar-besar yang terjadi, baik di ranah tren sosial ekonomi dan juga tren geo-ekologis yang terjadi sejak 1950-an sampai saat ini. Percepatan ini memengaruhi peningkatan limbah antropogenik secara sinkronik-global.
total organic carbon	: parameter analitik yang mewakili konsentrasi karbon organik dalam sampel di berbagai bidang aplikasi.
transboundary diseases	: penyakit epidemi pada ternak yang sangat menular, yang mempunyai kemampuan untuk menyebar dengan cepat ke wilayah baru dan mempunyai konsekuensi sosial ekonomi dan kesehatan masyarakat yang serius.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

transformasi sosial : proses perubahan berbagai aspek kehidupan, dari budaya hingga hubungan sosial, dari politik hingga ekonomi; mulai dari cara berpikir hingga cara menjalani hidup sehari-hari, termasuk nilai, norma, hubungan yang dilembagakan, dan hierarki stratifikasi yang berlangsung dari waktu ke waktu.

trombositopenia : kondisi trombosit yang kurang jumlahnya dari standar dalam penyakit DBD.

tutur leluhur : berbagai petunjuk, dan nilai-nilai yang diajarkan oleh leluhur sebagai pengetahuan yang bermanfaat bagi kehidupan manusia dan alam semesta.

unsur abiotik : unsur fisika, unsur lingkungan hidup yang terdiri dari komponen mati namun sangat berpengaruh pada kehidupan makhluk hidup.

unsur biotik : unsur hayati, atau seluruh komponen hidup yang ada di alam, meliputi seluruh makhluk hidup.

vector-borne diseases : penyakit yang disebabkan oleh infeksi virus ataupun parasit yang ditularkan dari manusia sakit satu ke manusia oleh vektor seperti nyamuk.

vektor : merupakan hewan (serangga dan sebagainya) yang menjadi perantara menularnya (pembawa dan penyebar) penyakit. Contoh: penyakit DBD disebabkan oleh virus dengue dan ditularkan oleh nyamuk *Aedes* sp.

walik jerami : sistem tanam pindah padi sawah pada musim kemarau yang umum dibudidayakan petani sawah tadah hujan, dengan mempersiapkan persemaian beberapa hari sebelum panen padi sebelumnya dan bibit padi ditanam segera setelah tanah diolah secara minimum untuk membalikkan tunggul jerami ke dalam tanah dan efisiensi air.

water-borne diseases : penyakit yang ditularkan ke manusia akibat adanya cemaran, baik berupa mikroorganisme ataupun zat pada air.

zero waste : kegiatan "tanpa limbah" dan berkelanjutan dalam mengelola produksi dan siklus hidup suatu benda.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Tentang Editor



Elza Surmaini adalah Peneliti Ahli Utama di Pusat Riset Iklim dan Atmosfer, Organisasi Riset Kebumian dan Maritim, Badan Riset dan Inovasi Nasional, sejak bulan Agustus 2022. Sebelumnya, ia bertugas sebagai Peneliti di Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. Ia menyelesaikan pendidikan doktor di Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Institut Teknologi Bandung, pada tahun 2015. Selama 28 tahun, ia mengabdi pada bidang penelitian dengan fokus riset terkait pengelolaan risiko iklim, terutama pada sektor pertanian, *climate model impact*, dan adaptasi perubahan iklim. *E-mail*: elza001@brin.go.id.



Lilik Slamet Supriatin adalah Peneliti Ahli Madya di Pusat Riset Iklim dan Atmosfer, Organisasi Riset Kebumian dan Maritim, Badan Riset dan Inovasi Nasional. Ia menyelesaikan pendidikan doktor di Program Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia, pada tahun 2014. Ia memiliki fokus riset terkait kimia atmosfer dan perubahan iklim. *E-mail*: lili012@brin.go.id.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Yeli Sarvina adalah Peneliti Ahli Muda di Pusat Riset Iklim dan Atmosfer, Organisasi Riset Kebumian dan Maritim, Badan Riset dan Inovasi Nasional. Ia menyelesaikan pendidikan doktor di Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor. Ia memiliki fokus riset terkait agroklimat serta dampak dan adaptasi perubahan iklim pada sektor pertanian (produksi, kesesuaian iklim, serta hama dan penyakit tanaman). *E-mail*: yeli002@brin.go.id.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Tentang Penulis



Agustin Herliatika lahir di Kota Waringin Timur pada 21 Agustus 1993. Penulis menyelesaikan program sarjana di Jurusan Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor pada 2011 dan program master di Nutrisi dan Teknologi Pakan pada 2017. Penulis bekerja di Balai Penelitian Ternak, Kementerian Pertanian sejak 2019. Kemudian, pada 2022 bekerja sebagai peneliti di Pusat Riset Peternakan, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) dan tergabung pada Kelompok Riset Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim Sektor Peternakan. *E-mail:* agustin.herliatika@brin.go.id



Ai Dariah dilahirkan di Bandung, pada tanggal 10 Februari 1962. Penulis menempuh pendidikan sarjana di Program Studi Ilmu Tanah, Institut Pertanian Bogor (1980–1984). Penulis menempuh pendidikan pascasarjananya pada bidang Ilmu Tanah, Strata 2 pada tahun 2009 dan Strata 3 pada tahun 2010–2014. Sejak tahun 1987, penulis bekerja

Buku ini tidak diperjualbelikan.

sebagai Peneliti di Balai Penelitian Tanah, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. Mulai Desember 2022 hingga sekarang, penulis bekerja sebagai Peneliti Ahli Utama bidang Pengelolaan Lahan di Organisasi Riset Pertanian dan Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional. Sejak tahun 1987, penulis melakukan penelitian dan kajian bidang Ilmu Tanah, khususnya konservasi tanah dan rehabilitasi lahan. Selanjutnya, penulis aktif melakukan riset dan kajian tentang teknologi pengelolaan lahan untuk meningkatkan adaptasi dan mitigasi terhadap perubahan iklim. Hasil-hasil penelitian dan kajian yang dilakukan penulis telah diterbitkan, baik dalam bentuk prosiding, buku, bagian dari buku, bunga rampai, jurnal nasional, maupun jurnal internasional. *E-mail:* aida003@brin.go.id



Al Mukhollis Siagian lahir pada 5 November 1998 di salah satu desa terpelosok dari Kabupaten Padang Lawas Utara, Provinsi Sumatra Utara. Pada tahun 2019, penulis mendirikan lembaga riset bernama AS Institute. Penulis telah memproduksi lebih dari 300 judul karya tulis populer di media cetak dan *online* dari tingkat lokal hingga internasional serta buku dan artikel ilmiah. Sejak tahun 2021 hingga sekarang, penulis aktif menjadi *reviewer* jurnal internasional di Common Ground Research Networks. Penulis dinilai menjadi contoh baik bagi khalayak ramai oleh beberapa penulis sejawat dan jurnalis. Mereka menuliskan beberapa bagian dari pemikiran penulis, sebagai berikut.

1) Jurnalis *Harian Umum Haluan*, Akmal Saputra, menerbitkan artikel "AL MUKHOLLIS SIAGIAN Melandasi Aktivitas dengan Cinta" (27 Oktober 2019).
2) Pemimpin Umum *Surat Kabar Kampus Ganto UNP*, Muhammad Afdal Afrianto, menerbitkan artikel "AL MUKHOLLIS SIAGIAN Mahasiswa UNP Langganan Media" (10 Juli 2020).

Buku ini tidak diperjualbelikan.

3) Jurnalis *Harian Umum Haluan*, Nasrizal, menerbitkan artikel "AL MUKHOLLI SIAGIAN Ingin Membela Orang Tertindas" (16 Agustus 2020).
4) Penulis Sumatra Barat, Muhammad Arifin, S.Or., menerbitkan artikel "Sang Rausyan Fikr dan Suluh Kaula Muda Abad XXI" di *Tangsel Pos*, 24 Agustus 2021.
5) Tahun 2022, penulis Sumatra Barat bernama Putri, S.AP. menerbitkan buku berjudul *Lentera Jalan Perjuangan Al Mukhollis Siagian*.

Beberapa judul buku yang telah penulis publikasikan, yaitu (1) *The Dinamics of Life* (Alra Media, ISBN 978-623-7516-81-1, 2020); (2) *Recover Together Recover Stronger 2* (Perpusnas Press, ISBN 978-623-313-487-3, 2022); (3) Kata Pengantar untuk buku *Catatan Untuk Negeri* (Ruang Karya Bersama, ISBN 978-623-353-117-7, 2022); dan (4) *Antologi Puisi Nusantara* (BPPD APWI, ISBN 978-623-5275-39-0, 2023). E-*mail*: almukhollis1998@gmail.com, WhatsApp: 0821-7324-2601, dan Instagram: almukhollis.



Anicetus Wihardjaka adalah periset di Pusat Riset Tanaman Pangan, Organisasi Riset Pertanian dan Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional. Penulis menyelesaikan S-1 di Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta tahun 1990; S-2 di Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, tahun 2001; dan S-3 di Sekolah Pascasarjana Program Studi Ilmu Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, tahun 2011. Penulis telah memublikasikan hasil-hasil riset dalam bidang kesuburan tanah dan lingkungan pertanian di jurnal nasional maupun internasional, prosiding nasional maupun internasional, dan buku dalam bentuk bunga rampai. *E-mail*: anic001@brin.go.id; awihardjaka@gmail.com.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Antonius lahir di Payakumbuh pada 23 September 1983. Penulis menempuh pendidikan sarjana di Fakultas Peternakan, Universitas Andalas, dan lulus pada tahun 2006. Program master dan doktor diselesaikan di Sekolah Pascasarjana IPB dengan Program Studi Ilmu Nutrisi dan Pakan pada tahun 2014 dan 2023 dengan judul disertasi "Ekstrak Daun Gambir Sebagai Pakan Aditif: Pengaruhnya Terhadap Fermentasi Rumen, Performa dan Kualitas Daging Kambing". Penulis merupakan Peneliti Muda di Pusat Riset Peternakan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, dengan bidang kepakaran Nutrisi dan Pakan Ternak. Penulis aktif berkontribusi sebagai pemakalah pada seminar ilmiah nasional dan internasional bidang peternakan. Beberapa artikel penulis diterbitkan pada prosiding dan jurnal ilmiah terindeks global yang merupakan hasil penelitiannya di bidang peternakan, terutama penelitian-penelitian pakan aditif untuk meningkatkan performa ternak ruminansia serta upaya adaptasi dan mitigasi perubahan iklim. Buku yang pernah ditulis, antara lain *Potensi Limbah Pertanian dan Perkebunan untuk Makanan Ternak Ruminansia* dan *Upaya Mengurangi Gas Metan Dari Sektor Peternakan*. *E-mail*: anto023@brin.go.id dan antoniuschaniago83@gmail.com.



Budi Kartiwa dilahirkan di Bogor pada 30 Maret 1968. Lulus S-1 dari Institut Pertanian Bogor (IPB), tahun 1993; lulus S-2 dari ENSA de Rennes, Prancis, tahun 1999, dan lulus S-3 dari Universite d'Anger, Prancis, tahun 2004. Sejak tahun 1994, penulis bekerja sebagai Peneliti di Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Dengan adanya

Buku ini tidak diperjualbelikan.

aturan reformasi lembaga riset, terhitung sejak 17 Juni 2022, penulis menjadi Peneliti di Pusat Riset Limnologi dan Sumber daya Air, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Dalam organisasi profesi, penulis aktif sebagai anggota PERHIMPI, HITI, serta KNI ICID.

Pengalaman penelitiannya dimulai pada tahun 1993 dengan topik pemodelan hidrologi. Beberapa karya ilmiah telah dipublikasikan pada jurnal nasional dan internasional. Pada tahun 2011 dan 2012, penulis pernah menjalankan tugas sebagai tenaga ahli pengelolaan air pada Proyek Pengembangan Padi di Sudan, Afrika. Daftar buku yang pernah ditulis: *Gambut, Sawit, dan Lingkungan* (IPB Press, 2021); *Manajemen Kebijakan, Teknologi dan Kelembagaan Mendukung Pertanian Moderen: Drone Dalam Pertanian Presisi* (IAARD Press, 2020); *Menata Jaringan Irigasi Mempercepat Swasembada Pangan* (IAARD Press, 2018); *Lahan Rawa Lebak: Sistem Pertanian dan Pengembangannya: Sistem Polder untuk Pengembangan Pertanian Berkelanjutan di Lahan Rawa Lebak* (IAARD Pres, 2017); dan *Redefining Diversity and Dynamics of Natural Resources Management in Asia, Volume 1*, "Chapter 17 – Can Uplanders and Lowlanders Share Land and Water Services? (A Case Study in Central Jawa Indonesia)" (Elsevier, 2017). *E-mail*: budi.kartiwa@brin.go.id.



Darlina Kartika Rini lahir di Demak, Jawa Tengah, pada tanggal 30 Mei 1971. Pendidikan sarjana diperoleh di Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman (UNSOED), Purwokerto, pada tahun 1989–1993. Magister Sains diperoleh dari Program Studi Biofisika di Sekolah Pascasarjana IPB pada tahun 2007–2010. Pendidikan doktor diperoleh dari Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan di Sekolah Pascasarjana IPB pada tahun 2018–2022. Penulis adalah dosen tetap di Sekolah Tinggi Ilmu Tarbiyah Sirojul Falah (STIT SIFA) Bogor, yang merupakan Perguruan Tinggi Keagamaan Islam (PTKIS) di

Buku ini tidak diperjualbelikan.

bawah Koordinator Perguruan Tinggi Agama Islam (Kopertais) Wilayah II Jawa Barat dan Banten di lingkup Kementerian Agama RI. Penulis mengajar pada Program Studi Pendidikan Agama Islam (S-1) dan Program Studi Magister Pendidikan Agama Islam (S-2). Fokus pengembangan keilmuannya adalah Ilmu Alamiah Dasar untuk Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Filsafat Ilmu. Penulis telah memublikasikan lima artikel di jurnal nasional dan internasional bereputasi terindeks Scopus dan SINTA. *E-mail*: darlinakartikarini@gmail.com dan rinidarlinakartika@gmail.com.



Dede Lilis Chaerowati menyelesaikan pendidikan sarjana dalam bidang Manajemen Komunikasi di Fakultas Ilmu Komunikasi, Universitas Padjadjaran (Unpad) (1997); pendidikan magister dalam bidang Ilmu Komunikasi di Program Pascasarjana Unpad (2009); dan pendidikan doktor dalam bidang Ilmu Komunikasi di Program Pascasarjana Unpad (2017). Sejak 1997, penulis merupakan dosen tetap di Fakultas Ilmu Komunikasi (Fikom), Universitas Islam Bandung (Unisba). Sebagai pengajar di Program S-1, S-2, dan S-3 Ilmu Komunikasi Unisba, penulis mengampu beberapa mata kuliah yang terkait minat risetnya. Minat kajian dan risetnya adalah pada bidang komunikasi komunitas dan media komunitas, terutama yang berkaitan dengan pemberdayaan anak, perempuan dan komunitas marjinal, serta pemberdayaan media komunitas, termasuk radio komunitas. Bukunya yang sudah terbit ialah *Media Anak Indonesia: Representasi Idola Anak dalam Majalah Anak-Anak* (Yayasan Pustaka Obor Indonesia, 2014).

Beberapa hasil risetnya telah terbit sebagai bab buku, seperti dalam buku *Kedaulatan Komunikasi,* berjudul "Kedaulatan Perempuan melalui Radio Komunitas: Perjuangan Mengentaskan Kasus Kekerasan terhadap Perempuan" (Ikatan Sarjana Komunikasi Indonesia/ISKI, 2015) dan dalam buku *Riset Komunikasi dan Budaya*: *Perspektif*

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Teoretik dan Agenda Riset, berjudul "Menyuarakan Hak-Hak Anak Melalui Radio Komunitas Anak: Pengalaman Radio Komunitas Anak Karangsambung (RKS)" (Rajawali Pers, 2021). Penulis juga menjadi editor beberapa buku, antara lain *Media dan Perubahan Sosial: Suara Perlawanan melalui Radio Komunitas* (karya Eni Maryani, Rosdakarya, 2011) dan *Transforming Woman's Voices: Catatan Pengalaman 5 Tahun Pejuang Perempuan di Parlemen* (karya Mooryati Soedibyo, Mooryati Institute, 2011). Penulis telah melakukan penelitian sejak 1998 dan mendapatkan beberapa hibah dari dalam dan luar kampus, seperti hibah dari Dirjen Dikti Kemendikbudristek RI. Hasil penelitiannya telah disajikan di berbagai konferensi nasional dan internasional serta diterbitkan di jurnal nasional dan internasional. Salah satu fokus risetnya sejak tahun 2013 ialah tentang kiprah radio komunitas di berbagai daerah perdesaan di Jawa Barat. Saat ini penulis menjadi *editor-in-chief* di *Jurnal Riset Manajemen Komunikasi*, Unisba. *E-mail*: dede.lilis@unisba.ac.id.



Elisabeth Srihayu Harsanti adalah periset di Pusat Riset Hortikultura dan Perkebunan, Organisasi Riset Pertanian dan Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional. Penulis menyelesaikan pendidikan S-1 dari Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, tahun 1994, S-2 dari Sekolah Pascasarjana Program Studi Ilmu Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, tahun 2008, dan S-3 dari Program Studi Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia, Jakarta, tahun 2017. Beberapa karya tulis ilmiah terkait ilmu lingkungan telah dipublikasikan di jurnal nasional maupun internasional, prosiding nasional maupun internasional, dan buku dalam bentuk bunga rampai. *E-mail*: elis010@brin.go.id dan esharsanti@gmail.com.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Elsa Rakhmi Dewi dilahirkan di Kota Bandung, Provinsi Jawa Barat, pada tanggal 8 November 1975. Penulis menempuh pendidikan sarjana pada Program Studi Agronomi di Universitas Padjadjaran, Bandung, (1994–2000) dengan kajian skripsi tentang Pengaruh Penerapan Effective Microorganism 4 (EM-4) dan Mulsa Jerami Padi terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Kultivar Granola di Lahan Medium. Penulis melanjutkan pendidikan Master of Science dengan studi utama terkait Nutrisi Tanaman di Leibniz University of Hannover, Jerman (2003–2005), dengan kajian Perbedaan Genetopik dalam Efisiensi Nitrogen pada Tanaman Kubis (*Brassica oleracea*). Pendidikan doktor dilanjutkan di Georg August University of Gottingen, Jerman (2012–2016), pada program studi Tanaman dan Sistem Produksi di Daerah Tropis dengan kajian Mengintensifkan Sistem Lahan Bera di Asia Tenggara dengan Tanaman Palawija dan/atau Tanaman Musim Kemarau: Analisis Menggunakan Eksperimen dan Simulasi Lapangan. Sejak tahun 2009, penulis bekerja sebagai Peneliti di Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat yang selanjutnya bergabung di Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.

Mulai Juni 2022 sampai dengan sekarang, penulis bekerja sebagai Peneliti pada Kelompok Riset Perubahan Iklim dan Pembangunan Berkelanjutan, Pusat Riset Riset Iklim dan Atmosfer, Organisasi Riset Kebumian dan Maritim, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Sejak tahun 2009, penulis melakukan penelitian dan kajian di bidang iklim, hidrologi, dan agroklimat, khususnya perubahan iklim dan model simulasi tanaman. Penulis aktif melakukan riset dan kajian tentang pengelolaan risiko iklim dan adaptasi perubahan iklim terhadap produksi tanaman. Hasil-hasil penelitian dan kajian yang dilakukan penulis telah diterbitkan dalam bentuk prosiding,

Buku ini tidak diperjualbelikan.

buku, bagian dari buku, jurnal nasional, maupun jurnal international. *E-mail*: elsa002@brin.go.id



Else Mei Wike Andreas lahir di Brebes, 3 Mei 1994. Pendidikan SD dan SMP ditempuh di kawasan Kecamatan Salem, Brebes, serta pendidikan SMA ditempuh di SMA Negeri 1 Brebes dan lulus pada tahun 2009. Penulis melanjutkan pendidikan diploma tiga di Institut Pertanian Bogor dan lulus pada tahun 2015, kemudian melanjutkan lagi studi S-1 Kimia di Universitas Nusa Bangsa, Bogor, dan lulus pada tahun 2018. Penulis memiliki pengalaman kerja sebagai analis kimia pada tahun 2015–2018 di Laboratorium Pengujian Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat yang kini telah berganti nama menjadi Balai Pengujian Standar Intrumen Tanaman Obat, Rempah, dan Aromatik, Kementerian Pertanian.



Eni Siti Rohaeni adalah seorang Pejabat Fungsional Peneliti di Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian, Badan Litbang Pertanian. Penulis lahir di Cirebon pada tanggal 1 Juni 1965, sebagai putri bungsu dari pasangan Bapak Haerudin dan Ibu Nursih. Pendidikan SD sampai SLTA diselesaikan di Cirebon. Penulis melanjutkan kuliah S-1 di IPB pada tahun 1984 dan selanjutnya masuk Fakultas Peternakan. Penulis menyelesaikan pendidikan S-1 pada bulan Maret 1989. Penulis menikah pada tahun 1990 dan menetap di Banjarbaru, Kalimantan Selatan. Pada tahun 1993, penulis bekerja di Sub Balitvet Banjarbaru sebagai seorang Peneliti. Kemudian, pada tahun 2001, mendapatkan kesempatan beasiswa pada S-2 di Fakultas Peternakan, UGM, dan lulus pada bulan Maret 2003. Tahun 2011,

Buku ini tidak diperjualbelikan.

penulis kembali mendapatkan kesempatan untuk studi S-3 di Fakultas Peternakan, Universitas Brawijaya, yang diselesaikan pada bulan April 2014 dengan Program Studi Agribisnis Peternakan.

Pada November 2019, penulis mutasi ke Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian hingga Agustus 2022. Mulai Agustus 2022, penulis bergabung dengan ke Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) hingga sekarang. Selama berkarier mulai dari tahun 1994 hingga 2021, penelitian dan kegiatan telah dilakukan, baik sebagai ketua tim atau anggota, antara lain tentang peternakan ayam lokal, itik lokal, sapi lokal, kerbau, dan juga tentang pakan, manajemen, dan integrasi tanaman dan ternak. Karya tulis ilmiah yang telah diterbitkan, lebih dari 200 judul, baik dalam seminar nasional, seminar internasional, jurnal nasional, jurnal internasional, bunga rampai, serta makalah non-ilmiah/praktis.



Firsoni lahir di Padang Panjang pada 28 Juli 1967. Penulis menyelesaikan program sarjana di Fakultas Peternakan, Universitas Andalas, Padang, pada tahun 1990. Penulis menyelesaikan program Magister di Bidang Nutrisi dan Pakan Ternak Ruminansia pada tahun 2005 di Universitas Brawijaya, Malang, dengan judul tesis "Manfaat Tepung Daun Kelor (*Moringa oleifera*, Lam.) dan Glirisidia (Gliricidia sepium, Jacq.) sebagai Sumber Protein dalam Urea Mollases Blok (UMB) terhadap Metabolisme Pakan Secara In vitro dan Produksi Susu Sapi Perah." Buku yang pernah diterbitkan berjudul *Petunjuk Teknis Suplementasi Pakan Urea Molases Multinutrien Blok (UMMB) untuk Ruminansia* (penulis: Firsoni dan L. Andini, tahun 2013, penerbit: Smart Writing Grup, CV. Writing Revolution, Yogyakarta, ISBN 978-602-7858-17-6).

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Penulis merupakan Peneliti Ahli Muda di Pusat Riset Peternakan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, dengan bidang kepakaran Peternakan dan Ilmu Ternak serta Nutrisi dan Teknologi Pakan. Penulis mengawali kariernya sebagai peneliti di kelompok penelitian Pakan Ternak di Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN). Pada tahun 2022, penulis berpindah menjadi Fungsional Peneliti di Badan Riset dan Inovasi Nasional dalam Organisasi Riset Pangan dan Pertanian Pusat Riset Peternakan dan tergabung pada Kelompok Riset Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim Sektor Peternakan. *E-mail*: firsoni@gmail.com dan firs001@brin.go.id.



Hadriana Bansi lahir di Raha, 1 Maret 1978. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana di Jurusan Ilmu Nutrisi Makanan Ternak, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor, pada 2001. Selanjutnya, penulis menyelesaikan studi pascasarjana pada program Animal Sciences di University of New England, Australia, dengan tesis yang berjudul "Utilization of Infra-red Thermography on Livestock Production". Penulis mengawali kariernya dengan bekerja di Kementerian Pertanian sejak 2011. Kemudian, pada 2021 melanjutkan tugasnya sebagai Peneliti di Pusat Riset Peternakan, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) dan tergabung dalam Kelompok Riset Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim Sektor Peternakan. *E-mail*: hadr0023@brin.go.id.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Hendri Sosiawan dilahirkan di Blitar pada 13 Maret 1963. Lulus S-1 dari Universitas Gadjah Mada tahun 1963; lulus S-2 dari ENSA de Montpellier, Prancis, tahun 2022. Sejak tahun 1990, penulis bekerja sebagai Peneliti di Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. Dengan adanya aturan reformasi lembaga riset, terhitung sejak 17 Juni 2022, penulis menjadi Peneliti di Pusat Riset Limnologi dan Sumber Daya Air, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Dalam organisasi profesi, penulis aktif sebagai anggota PERHIMPI, HITI, serta KNI ICID. Pengalaman penelitiannya dimulai pada tahun 1992 dengan topik pedogenesis tanah Spodosol. Beberapa karya ilmiah telah dipublikasikan pada jurnal nasional dan internasional. Pada tahun 2009–2010, penulis pernah menjalankan tugas sebagai tenaga ahli pengelolaan air pada Proyek Pengembangan Padi di PNG. Daftar buku yang pernah ditulis: *Pengelolaan Lahan Berkarakter Khusus* (IAARD Press, 2021); *Buku Inovasi Pengelolaan Lahan Rawa Menuju Pertanian Maju, Mandiri* (Rajawali Pers, 2021); *Strategies and Technologies for the Utilization and Improvement of Rice* (IAARD Press, 2020); *Tropical Wetlands: Innovation in Mapping and Management* (CRC Press, 2020); *Optimalisasi Lahan Rawa Akselerasi Menuju Lumbung Pangan Dunia* (Rajawali Pers, 2020); dan *Kunci Taksonomi Tanah* (Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian. 2016). *E-mail*: hendri.sosiawan@brin.go.id.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Idi Subandy Ibrahim (usia 55), menyelesaikan pendidikan Sarjana dalam Bidang Ilmu Jurnalistik di Fakultas Ilmu Komunikasi Universitas Padjadjaran (Unpad) (1997); pendidikan Magister dalam Bidang Manajemen Komunikasi Politik di Departemen Ilmu Komunikasi, Universitas Indonesia (UI) (2010); dan pendidikan Doktor dalam Bidang Ilmu Komunikasi di FISIP UI (2015).

Sejak 2015, penulis merupakan dosen tetap di Program Magister Ilmu Komunikasi (MIK) Pascasarjana Universitas Pasundan (Unpas) Bandung; dosen luar biasa di Program MIK Pascasarjana FISIP Universitas Brawijaya (UB) Malang; dan dosen luar biasa Program Doktor Agama dan Media/Studi Agama- Agama Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati (UIN SGD) Bandung. Dia juga pernah menjadi dosen tamu di beberapa perguruan tinggi terkemuka di Indonesia, seperti di Program Studi Arsitektur ITB untuk materi kuliah "Arsitektur dan Gaya Hidup".

Dengan minat kajian budaya popular, komunikasi politik, serta representasi budaya dan media, dia pernah terlibat dalam beberapa penelitian lapangan dan menjadi editor selama lebih tiga dekade, termasuk pernah sebagai editor empat buku hasil penelitian para peneliti LIPI yang diterbitkan bekerjasama dengan Penerbit Mizan. Selain pernah sebagai reviewer beberapa jurnal nasional dan internasional, Idi telah menerjemahkan sembilan buah buku, puluhan artikel ilmiah, telah memberi Kata Pengantar sebanyak 20 buku karya para penulis lain, dan selama tujuh tahun pernah menjadi redaktur dan editor *Jurnal Komunikasi* (Ikatan Sarjana Komunikasi Indonesia) ketika masih edisi cetak. Menulis beberapa buku, di antaranya: *Jurnalisme Kemiskinan: Representasi Kemiskinan di Media Lokal* (Penerbit Buku Kompas, 2020); *Budaya Populer sebagai Komunikasi: Dinamika Popscape dan Mediascape di Indonesia Kontemporer* (Jalasutra, 2011); *Kritik Budaya Komunikasi: Budaya, Media, dan Gaya Hidup dalam Proses Demokratisasi di Indonesia* (Jalasutra, 2011);

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Kecerdasan Komunikasi: Seni Berkomunikasi kepada Publik (Simbiosa, 2007); *Dari Nalar Keterasingan Menuju Nalar Pencerahan: Ruang Publik dan Komunikasi dalam Pandangan Soedjatmoko* (Jalasutra, 2004); *Sirnanya Komunikasi Empatik: Krisis Budaya Komunikasi dalam Masyarakat Kontemporer* (Pustaka PBQ, 2004).

Idi merupakan salah seorang perintis kajian budaya populer dalam ilmu komunikasi di Indonesia dan pemikirannya telah diteliti menjadi beberapa skripsi. Sebagai pencinta literasi dan buku, dia pernah menjadi tim juri/verifikasi Panasonic Awards (ajang penghargaan insan televisi), kolumnis *Pikiran Rakyat* (2001–2007), dan kini merupakan salah seorang kolumnis analisis budaya *Kompas*. *E-mail*: idi.subandy@unpas.ac.id



Jagat Patria lahir di Tangerang, pada Rabu, 4 Desember 1996. Penulis menyelesaikan S-1 di Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Universitas Brawijaya, Malang, pada tahun 2022. Setelah menyelesaikan S-1 di bidang Perikanan, kini penulis sedang menempuh pendidikan S-2 di Program Studi Sosiologi Pedesaan, Departemen Komunikasi Pembangunan Masyarakat, Fakultas Ekologi Manusia, Institut Pertanian Bogor (IPB). Sejak S-1, penulis memiliki perhatian khusus pada isu lingkungan dan sosial. Penulis memiliki pengalaman penelitian sosial sejak tahun 2019, yaitu melakukan penelitian sosial Kebudayaan dan Peradaban di sepanjang DAS Citarum dengan hibah dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan RI. Pada tahun 2020 hingga sekarang, penulis tergabung sebagai staf dan peneliti pada Koalisi Rakyat untuk Kedaulatan Pangan (KRKP), organisasi masyarakat sipil yang berfokus melakukan riset, advokasi pada isu pertanian dan pangan, sekaligus melakukan pendampingan pada petani. Pada tahun 2023, penulis menjadi salah satu penulis dalam buku *Sekolah Situ: Gerakan Penyelamatan Ekosistem Situ dengan Pendekatan Pendidikan Kritis dan Perencanaan Partisipatif* (ISBN: 978-623-467-620-4). Penulis

Buku ini tidak diperjualbelikan.

aktif dalam penelitian di bidang sosial dan lingkungan khususnya pada ruang lingkup masyarakat pedesaan. *E-mail*: jagatpatria@kedaulatanpangan.org.



Maureen Chrisye Hadiatry lahir di Jakarta pada 5 Januari 1978. Penulis menyelesaikan program sarjana di Jurusan Ilmu Produksi Ternak, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor, pada 2003. Selanjutnya, penulis menyelesaikan studi pascasarjana pada program Animal Sciences di Wageningen University and Research dengan spesialisasi Animal Production Systems pada 2016. Penulis mengawali kariernya dengan bekerja di Kementerian Pertanian sejak 2006. Kemudian, pada 2022, penulis melanjutkan tugasnya sebagai Peneliti di Pusat Riset Peternakan, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) dan tergabung dalam Kelompok Riset Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim Sektor Peternakan. *E-mail*: maur003@brin.go.id.



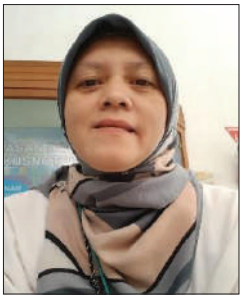
Mohammad Ikhsan Shiddieqy lahir di Bandung pada 17 Februari 1985. Penulis menyelesaikan program sarjana di Jurusan Produksi Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas Padjadjaran, pada 2006 dan program magister di Wageningen University and Research pada 2019 dengan tesis yang berjudul "Analysis of N_2O Losses from Different Manure Applications for Cultivation of Elephant Grass (*Pennisetum purpureum cv. Taiwan*)". Penulis bekerja di Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Kementerian Pertanian, sejak 2014. Kemudian, pada 2022, penulis bekerja sebagai Peneliti di Pusat Riset Peternakan, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), dan tergabung dalam Kelompok Riset Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim Sektor Peternakan. *E-mail*: moha085@brin.go.id.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Nani Heryani adalah Peneliti Utama pada Pusat Riset Limnologi dan Sumber Daya Air, Badan Riset dan Inovasi Nasional, kepakaran bidang Pengelolaan Lahan, Air, dan Iklim. Penulis menyelesaikan pendidikan S-1 di Jurusan Agonomi, Institut Pertanian Bogor (IPB), pada tahun 1981. Pendidikan S-2 dan S-3 diselesaikan di IPB pada Program Studi Agroklimatologi (2001) dan Ilmu Pengelolaan DAS (2012). Penelitian yang dilakukan selama menjadi Peneliti di Badan Litbang Kementerian Pertanian, kemudian bergabung ke BRIN sejak 1 September 2022, antara lain pengelolaan dan pemanfaatan sumberdaya tanah, iklim dan air pada berbagai agroekosistem, panen air untuk kebutuhan irigasi dan domestik, dan irigasi hemat air. Buku dan bunga rampai yang pernah ditulis, antara lain *Grand Design Pembangunan Berketahanan Iklim dan Rendah Karbon di Sektor Pertanian* (2022); *Perubahan Iklim dan Fisiologi Adaptasi Tanaman* (2021); *Membangkitkan Empat Juta Hektar Lahan Sawah Tadah Hujan Mendukung Swasembada Pangan Berkelanjutan* (2018); dan *Handbook Iklim Pertanian Indonesia* (2018); serta bunga rampai *Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung Pertanian Modern* (2019); *Sinergi Inovasi Sumberdaya dan Kelembagaan Menuju Kesejahteraan Petani* (2018); *Irigasi Desa Mendukung Kemampuan Pertanian Rakyat* (2018); *Memperkuat Kemampuan Wilayah Menghadapi Perubahan Iklim* (2017); *Pembangunan Pertanian Berbasis Ekoregion dari Perspektif Pengelolaan Sumber Daya Lahan dan Air* (2015); dan *Ketahanan Air Mendukung Ketersediaan Air Pulau-Pulau Kecil* (2013). *E-mail*: naniheryanids@gmail.com.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Nila Miraya lahir di Bogor 5 Februari 1971. Penulis menempuh pendidikan di Bogor. Selepas SMA, penulis meneruskan ke Akademi Kimia Analis Bogor dan lulus pada tahun 1992. Pengalaman kerja sebagai aparatur sipil negara (ASN) dimulai pada tahun 1999 di Balai Penelitian Ternak, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pertanian. Karier sebagai Fungsional Teknisi Litkayasa dimulai pada tahun 2011, menjadi pelaksana di Laboratorium Teknologi Pakan. Pada tahun 2022, penulis berpindah menjadi Fungsional Teknisi Litkayasa pada Badan Riset dan Inovasi Nasional, dalam Pusat Riset Peternakan, Organisasi Riset Pangan dan Pertanian, dan bergabung dalam Kelompok Riset Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim Sektor Peternakan. *E-mail*: nila010@brin,go.id dan ladita_obit@yahoo.com.



Popi Rejekiningrum menyelesaikan pendidikan S-1 di Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, dengan Jurusan Ilmu Tanah, pada tahun 1987. Pendidikan S-2 diselesaikan di Institut Pertanian Bogor pada Program Studi Agroklimatologi. Gelar Doktor diperoleh di Program Studi Klimatologi Terapan, Institut Pertanian Bogor, pada tahun 2010. Sejak tahun 1992–2004, penulis menjadi Peneliti di Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Balitbangtan). Kemudian, pada tahun 2004–2022, penulis menjadi Peneliti bidang Pengelolaan Lahan, Air, dan Iklim di Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Balitbangtan. Dengan adanya aturan reformasi lembaga riset, terhitung mulai September 2022, penulis menjadi Peneliti Ahli Utama di Pusat Riset Limnologi dan Sumber Daya Air, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN).

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Sekitar 145 buah karya tulis ilmiah berupa prosiding, jurnal, dan buku ilmiah telah dipublikasikan oleh penerbit nasional maupun internasional. Beberapa buku ilmiah yang telah dipublikasikan, yaitu (1) *Perubahan Penggunaan Lahan, Iklim dan Produktivitas Tanaman*; (2) *Penyelamatan Tanah, Air, dan Lingkungan*; (3) *Sistem Informasi Sumberdaya Iklim dan Air*; (4) *Road Map Penelitian dan Pengembangan Lahan Kering*; (5) *Politik Pembangunan Pertanian Menghadapi Perubahan Iklim*; (6) *Road Map Strategi Sektor Pertanian Menghadapi Perubahan Iklim*; (7) *Pedoman Umum Adaptasi Perubahan Iklim Sektor Pertanian*; (8) *Pedoman Umum Inventarisasi Gas Rumah Kaca dan Mitigasi Perubahan Iklim Sektor Pertanian*; (9) *Kedelai Lahan Rawa Pasang Surut Mendukung Swasembada Pangan dan Bioindustri*; (10) *Panen Air Menuai Kesejahteraan Petani*; dan (11) *Menata Jaringan Irigasi Mempercepat Swasembada Pangan*. *E-mail*: popirejeki@gmail.com; popi003@brin.go.id.



Rangga Kala Mahaswa lahir di Semarang, 07 Februari 1995. Penulis menjadi dosen filsafat di Fakultas Filsafat, Universitas Gadjah Mada, sejak tahun 2022. Saat ini, penulis mengajar beberapa mata kuliah utama, seperti Epistemologi, Filsafat Teknologi, Filsafat Ilmu, dan Kapita Selekta Filsafat Ilmu dan Teknologi. Beberapa karya ilmiahnya telah dipublikasikan di jurnal internasional bereputasi, antara lain "The Pluriverse of the Anthropocene: One Earth, Many Worlds" (Q1, 2023) dan "Romanticizing the Past, Glorifying the Future: Working with Ecological Modernization and Developmentalism" (Q3, 2023), serta karya artikel bunga rampainya berjudul "Introducing the Pluriverse of the Anthropocene: Toward an Ontological Politics of Environmental Governance in Indonesia" (Springer, 2023). Selain mengajar, penulis aktif dalam berbagai aktivitas ilmiah mulai dari pengembangan komunitas epistemik lokal sampai mengikuti konferensi internasional

Buku ini tidak diperjualbelikan.

secara berkala. Selain itu, penulis juga sedang mengembangkan pendekatan filosofis dalam kajian geologi Antroposen, spekulatif realisme, dan materialisme baru. *E-mail*: mahaswa@ugm.ac.id.



Setiasih lahir di Jombang, 22 Mei 1973. Pendidikan SD dan SMP ditempuh di Kabupaten Jombang. Penulis kemudian menempuh Pendidikan Sekolah Pertanian Pembangunan (SPP) Negeri Penanggunan Malang Jurusan Peternakan (SNAKMA) dan lulus tahun 1992. Kemudian, penulis melanjutkan jenjang S-1 di Fakultas Peternakan, Universitas Brawijaya, dengan Jurusan Nutrisi dan Makan Ternak dan lulus pada tahun 1997. Pada tahun 1998, penulis mendapatkan Beasiswa Unggulan URGE dari Bank Dunia untuk melanjutkan jenjang pendidikan S-2 di Program Pascasarjana Universitas Brawijaya pada Jurusan Ilmu Ternak dan lulus pada tahun 2001. Program doktor diambil dengan Beasiswa Badan Litbang Pertanian Kementerian Pertanian pada Fakultas Peternakan, Universitas Brawijaya, Malang, tahun 2019. Pengalaman kerja sebagai aparatur sipil negara (ASN) dimulai pada tahun 2006 di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Timur, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. Karier sebagai Fungsional Peneliti dimulai pada tahun 2010. Pada tahun 2022, penulis berpindah menjadi Fungsional Peneliti di Badan Riset dan Inovasi Nasional pada Pusat Riset Peternakan, Organisasi Riset Pangan dan Pertanian, dan tergabung dalam Kelompok Riset Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim Sektor Peternakan. *E-mail*: seti015@brin.go.id dan setiasihchaidar@gmail.com.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sharli Asmairicen lahir di Sungai Sarik Kabupaten Padang Pariaman Provinsi Sumatera Barat pada 16 Mei 1981. Penulis menyelesaikan program sarjana di Jurusan Ilmu Produksi Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas Andalas pada tahun 2004. Selanjutnya, menyelesaikan studi Pasca Sarjana pada program Ilmu Ternak di Universitas Andalas pada tahun 2010 dengan Tesis berjudul " Pengaruh Waktu Pelapisan Spermatozoa pada Media TALP yang disuplementasi 4% *Bovine Serum Albumin* (BSA) terhadap Perbandingan Jenis Kelami Embrio *In Vitro*. Penulis mengawali karirnya dengan dengan bekerja di Kementerian Pertanian sejak tahun 2015. Kemudian, pada tahun 2022 melanjutkan tugasnya sebagai peneliti di Pusat Riset Peternakan, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) dan tergabung pada Kelompok Riset Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim Sektor Peternakan. *E-mail*: Shar002@brin.go.id



Sigit Puspito lahir di Boyolali, 20 April 1983. Penulis menyelesaikan program sarjana di Jurusan Produksi Ternak, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, pada tahun 2006. Saat ini penulis sedang menyelesaikan studi Master of Animal Science di Universitas Gadjah Mada dengan topik penelitian pemanfaatan ekstrak tanaman lokal sebagai *antimetanogenic* pada ruminansia serta efeknya terhadap keragaman bakteri rumen. Penulis mengawali kariernya sebagai Peneliti Pertama di Badan Litbang Kementerian Pertanian sejak 2018. Kemudian, pada 2021, penulis melanjutkan tugasnya sebagai peneliti di Pusat

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Riset Peternakan, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), dan tergabung dalam Kelompok Riset Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim Sektor Peternakan. Penulis aktif dalam beberapa penelitian dan telah memublikasikan beberapa artikel ilmiah di jurnal nasional dan internasional. *E-mail*: sigi027@brin.go.id.



Slamet Widodo lahir di Gunungkidul, 31 Maret 1993. Penulis memperoleh gelar Sarjana Peternakan (S.Pt) dari Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada, pada tahun 2015. Pada tahun 2016, penulis memperoleh beasiswa dari Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) untuk melanjutkan program magister di Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada. Penulis memperoleh gelar Master of Science (M.Sc) pada tahun 2018 dengan bidang konsentrasi Nutrisi dan Makanan Ternak. Penulis mengawali karier sebagai Peneliti di Balai Penelitian Ternak, Kementerian Pertanian, pada tahun 2020. Pada tahun 2022, penulis berpindah instansi ke Pusat Riset Peternakan, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Selama kariernya sebagai Peneliti, penulis aktif dalam kegiatan penelitian pada bidang nutrisi ruminansia dan upaya adaptasi serta mitigasi perubahan iklim. Penulis juga aktif dalam berkolaborasi bersama lembaga riset internasional, antara lain New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre (NZAGRC) dan International Atomic Energy Agency (IAEA). *E-mail*: slam028@brin.go.id.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Susi Riyanti lahir di Bogor pada 6 Agustus 1983. Penulis menyelesaikan program diploma di bidang Analisis Kimia pada 2004 dari Institut Pertanian Bogor. Penulis menyelesaikan program sarjana di bidang Kimia pada tahun 2012 di Institut Pertanian Bogor, dengan skripsi berjudul "Arang Aktif Serbuk Kayu Mindi sebagai Bio Absorben Limbah Tekstil Cibacron Red". Penulis bekerja sebagai Teknisi Litkayasa di Laboratorium Pelayanan Kimia, Balai Penelitian Ternak, sejak 2011 sampai 2022, kemudian melanjutkan kariernya sebagai Teknisi Litkayasa di Pusat Riset Peternakan BRIN dan saat ini beralih ke Direktorat Pengelolaan Laboratorium Fasilitas Riset, Kawasan Sains dan Teknologi BRIN. *E-mail*: susi020@brin.go.id.



Tri Astuti Sugiyatmi menyelesaikan studinya di Fakultas Kedokteran, Universitas Airlangga, Surabaya, pada tahun 1998. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan ke S-2 Kebijakan Pembiayaan dan Manajemen Asuransi Kesehatan di FK UGM yang diselesaikan pada tahun 2012 dengan tesis tentang Biaya Mutu dalam Peningkatan Mutu Layanan Kesehatan di Puskesmas. Pada tahun 2017–2021, penulis menempuh program doktornya di Program Studi S-3 Ilmu Kesehatan Masyarakat, FKM, Universitas Airlangga, dengan kajian disertasi tentang pengaruh *Job Demands* dan *Job Resources* pada *Burnout* dan Resiliensi Dokter di Rumah Sakit. Penulis kini menjadi dosen pada Program Studi D-3 Kebidanan, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Borneo Tarakan, Provinsi Kalimantan Utara. Mata kuliah yang diampu, antara lain Kegawatdaruratan Daerah Pesisir, Kebidanan Komunitas, Anatomi Fisiologi, Organisasi dan Kepemimpinan, dan Metodologi Penelitian. Sebelumnya, penulis pernah mengajar tentang manajemen puskesmas

Buku ini tidak diperjualbelikan.

dan epidemiologi penyakit. Sebelum di universitas, penulis pernah bekerja di puskesmas di Cilacap, Jawa Tengah, kemudian pindah ke puskesmas di Kota Tarakan, Dinas Kesehatan Kota Tarakan, serta Badan Perencanaan Pembangunanan Daerah (Bappeda) Kota Tarakan.

Penulis memiliki kepakaran dalam bidang Ilmu Kesehatan Masyarakat. Bidang yang ditekuni ialah hal-hal yang terkait dengan kebijakan dan administrasi kesehatan. Buku yang pernah ditulis secara solo berjumlah empat, yang berjudul *Bangga sebagai Relawan Kawasan Tanpa Rokok (Relakataro)*; *Kumpulan Opini Kesehatan dengan Tema Pencegahan dan Pengendalian Penyakit Menular*; *Memaknai dan Menyikapi Pandemi Corona*; dan *Biaya Kegagalan dalam Konteks Kehidupan Sehari-hari*. Untuk buku bunga rampai, penulis menulis dalam berbagai tema, seperti mutu pelayanan kesehatan, kesehatan lingkungan, kesehatan kerja, manajemen fasilitas pelayanan kesehatan, kesehatan ibu dan anak, pencegahan dan pengendalian penyakit, termasuk kesehatan mental tenaga kesehatan, Covid-19, dan kesehatan wilayah pesisir. Judul-judul buku bunga rampai sebagai berikut: (1) *Penyakit Berbasis Lingkungan*; (2) *Kesehatan Lingkungan, Keselamatan, dan Kesehatan Kerja*; (3) *Keselamatan Kerja dan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit*; (4) *Manajemen Rumah Sakit dan Puskesmas*; (5) *Penyakit Akibat Kerja dan Pencegahannya*; (6) *Pelayanan Telehealth dan Telemedicine*; (7) *Ilmu Kesehatan Masyarakat*; (8) *Kebijakan dan Tatalaksana Stunting*; (9) *Kiat Sukses Menyusui Eksklusif*; (10) *Faktor Pendukung Ibu Sukses Menyusui*; (11) *Covid-19 di Mata Dosen*; (12) *Covid-19 dalam Ragam Tinjauan Perspektif*; (13) *Epidemiologi Kesehatan Reproduksi*; (14) *Anatomi Fisiologi Manusia*; (15) *Disaster: A Multidisciplinary Perspective*; (16) *Komunikasi Kesehatan*; dan (17) *Biaya Kualitas*.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Wahidin Teguh Sasongko lahir di Pemalang, 31 Juli 1973. Penulis memperoleh gelar Sarjana Muda (A.Md) Farming pada tahun 1994, dari Sekolah Tinggi Farming Semarang. Pada tahun 2002, penulis memperoleh gelar sarjana (SP) Sosial Ekonomi Pertanian/ Agrobisnis dari Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Farming Semarang. Pada tahun 2008, penulis memperoleh beasiswa dari Kemenristekdikti untuk melanjutkan program magister di Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada. Penulis memperoleh gelar Master of Science (M.Sc) pada tahun 2010 pada Program Studi Ilmu Peternakan, dengan judul tesis "Pemanfaatan Tanin Daun Nangka untuk Meningkatkan Nilai Rumen Undegraded Protein pada Bahan Pakan Protein Tinggi".

Tahun 2019, penulis memperoleh penghargaan Satya Lancana Karya Satya XX Tahun dari Presiden Republik Indonesia. Penulis mengawali karier sebagai Peneliti di Kelompok Nutrisi Ternak Ruminansia, Bidang Pertanian, Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) sejak tahun 1999–2021. Pada tahun 2021, penulis berpindah instansi ke Kelompok Riset Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim Sektor Peternakan, Pusat Riset Peternakan, Organisasi Riset Pertanian dan Pangan (ORPP), Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Selama kariernya sebagai peneliti, penulis aktif dalam kegiatan penelitian serta berkontribusi sebagai pemakalah pada seminar ilmiah nasional dan internasional bidang peternakan, khususnya nutrisi ruminansia. Penulis juga aktif dalam berkolaborasi bersama lembaga riset International Atomic Energy Agency (IAEA). *E-mail*: wteguhs@gmail.com dan wahi003@brin.go.id.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Wardi lahir di Rajabasa Baru pada 10 Agustus 1986. Penulis menyelesaikan program sarjana di bidang peternakan pada 2009 dari Institut Pertanian Bogor dan program magister di bidang Ilmu Peternakan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, pada tahun 2022. Penulis telah menerbitkan beberapa karya tulis ilmiah dalam bentuk prosiding, jurnal nasional, dan prosiding internasional. Penulis merupakan Peneliti Ahli Pertama di Pusat Riset Peternakan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, dengan bidang kepakaran Peternakan dan Ilmu Ternak serta Nutrisi dan Teknologi Pakan. Penulis mengawali kariernya sebagai Peneliti di BPTP Sulawesi Tengah sejak 2018 hingga tahun 2021. Pada tahun 2022, penulis berpindah menjadi Fungsional Peneliti di Badan Riset dan Inovasi Nasional dalam Pusat Riset Peternakan, Organisasi Riset Pangan dan Pertanian, dan tergabung dalam Kelompok Riset Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim Sektor Peternakan. *E-mail*: wardiok1@gmail.com dan ward008@brin.go.id.



Winwin Widaringsih lahir di Bogor, 28 April 1974. Pendidikan SD dan SMP ditempuh di Cigombong, Lido, Kabupaten Bogor. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan ke Sekolah Pertanian Pembangunan SPP SNAKMA Negeri Cinagara, Bogor, dan lulus pada tahun 1992. Pengalaman kerja sebagai aparatur sipil negara (ASN) dimulai tahun 2007 di Balai Penelitian Ternak, Ciawi, Bogor. Karier sebagai Fungsional Tekninisi Litkayasa dimulai tahun 2011, menjadi pelaksana di Laboratorium Nutrisi Ruminansia Besar. Pada tahun 2022, penulis berpindah menjadi Fungsional Teknisi Litkayasa di Badan Riset dan Inovasi Nasional dalam Pusat Riset Peternakan, Organisasi Riset Pangan dan Pertanian, dan tergabung dalam Kelompok Riset Adaptasi dan Mitigasi Perubagan Iklim Sektor Peternakan. *E-mail*: winw001@.brin,go.id dan wien.widaringsih@gmail.com.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Woro Estiningtyas dilahirkan di Kota Nganjuk, Provinsi Jawa Timur, pada tanggal 8 Oktober 1967. Penulis menempuh pendidikan sarjana pada Program Studi Agrometeorologi di Institut Pertanian Bogor (1987–1992) dengan kajian skripsi tentang Penentuan Waktu Panen Tanaman Tebu Berdasarkan Akumulasi Bahang. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan magister pada Program Studi Sains Atmosfer di Institut Teknologi Bandung (2002–2004) dengan kajian Prediksi Curah Hujan dengan Metode Filter Kalman Mendukung Perencanaan Tanam. Pendidikan doktor dilanjutkan di Institut Pertanian Bogor (2008–2012) pada Program Studi Klimatologi Terapan dengan kajian Pengembangan Model Asuransi Indeks Iklim untuk Meningkatkan Ketahanan Petani Padi dalam Menghadapi Perubahan Iklim.

Sejak tahun 1992, penulis bekerja sebagai Peneliti di Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat yang selanjutnya bergabung di Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. Mulai Juni 2022 sampai dengan sekarang, penulis bekerja sebagai Peneliti pada Kelompok Riset Perubahan Iklim dan Pembangunan Berkelanjutan, Pusat Riset Riset Iklim dan Atmosfer, Organisasi Riset Kebumian dan Maritim, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Sejak tahun 1992, penulis melakukan penelitian dan kajian di bidang iklim, hidrologi, dan agroklimat, khususnya klimatologi terapan. Penulis aktif melakukan riset dan kajian tentang pengelolaan risiko iklim dan adaptasi perubahan iklim. Hasil-hasil penelitian dan kajian yang dilakukan penulis telah diterbitkan dalam bentuk prosiding, buku, bagian dari buku, bunga rampai, jurnal nasional, maupun jurnal internasional. *E-mail*: woro004@brin.go.id

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Yayan Apriyana dilahirkan di Kabupaten Indramayu, Provinsi Jawa Barat, pada 10 Maret 1966. Penulis menempuh pendidikan sarjana pada Program Studi Agronomi (Ilmu Tanah), Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto (1984–1990) dengan kajian skripsi tentang Pengaruh Pemberian Mulsa pada Berbagai Tingkat Kadar Air Tanah terhadap Kebutuhan Air, Pertumbuhan, dan Produksi Tanaman Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) pada Tanah Podzolik Merah Kuning. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan pada Magister Ilmu Agronomi, Program Pascasarjana di Centre National D'etudes Agronomiques Des Régions Chaudes (CNEARC), Montpellier, Prancis (2001–2003) dengan kajian tesis tentang Kontribusi Analisis Agroklimat pada Evaluasi Kemungkinan Pengembangan Tanaman Sayuran di Dua Wilayah yang Berbeda Secara Ekologis di Jawa, Indonesia (kasus Pagerejo, Jawa Tengah dan Selopamioro, Yogyakarta), dan menempuh pendidikan doktor di bidang Klimatologi Terapan, Sekolah Pascasarjana IPB (2006–2011), dengan kajian disertasi tentang Penetapan Kalender Tanam Padi Berdasarkan Fenomena El Niño–Southern Oscillation (ENSO) dan IOD (Indian Ocean Dipole) di Wilayah Monsunal dan Equatorial. Pada tahun 2013, penulis melanjutkan *post-doctoral* di Georg-August-Universität Göttingen, Jerman. Penulis kini menjadi periset di Pusat Riset Iklim dan Atmosfer, Badan Riset dan Inovasi Nasional, sejak tahun 2022, dengan bidang riset Perubahan Iklim, Iklim Urban, dan Pembangunan Berkelanjutan. Sebelumnya, pada tahun 2021–2022, penulis menjadi Kepala Balai dan Plt. Kepala Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Maluku Utara, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. Pada tahun 2013–2021, penulis menjadi Ketua Kelompok Peneliti Agroklimat di Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Penulis telah menghasilkan lebih dari 50 artikel ilmiah yang didiseminasikan pada berbagai pertemuan ilmiah dan dipublikasikan pada prosiding seminar, jurnal ilmiah nasional, dan jurnal internasional. Sebanyak sembilan belas buku dan tiga belas paten telah dihasilkan oleh penulis. Penulis pernah menjadi Asesor dan Tim Penilai Peneliti Unit (TPPU), pernah melakukan kerja sama penelitian dengan FAO sebagai koordinator, dan pernah menjadi penanggung jawab kerja sama dengan Ibaraki University, Jepang. Penulis aktif sebagai mitra bestari pada dua jurnal ilmiah nasional dan lima jurnal ilmiah internasional. Penulis tergabung dalam organisasi profesi, yaitu (1) Perhimpunan Meteorologi Pertanian Indonesia (PERHIMPI), (2) Himpunan Ilmu Tanah Indonesia (HITI), (3) Perhimpunan Periset Indonesia (PPI), dan (4) Masyarakat Biodiversitas Indonesia (MBI). *E-mail*: yaya028@brin.go.id; yanapri66@gmail.com; atau yanapri@yahoo.com.



Yeni Widiawati lahir di Bandung pada 3 Juni 1968. Penulis menyelesaikan program sarjana di bidang peternakan pada 1993 dari Universitas Padjadjaran, Bandung. Penulis menyelesaikan program master dan doktor di bidang Nutrisi dan Fisiologi Ternak Ruminansia di James Cook University Townsville, Australia, pada 1998–2003, dengan disertasi berjudul "Utilisation of Shrub Legumes *Leucaena leucocepala*, *Gliricidia sepium* and *Calliandra callothyrsus* as Feed for Ruminant Animals". Penulis bekerja di Balai Penelitian Ternak sejak 1993 sampai tahun 2021 dan melanjutkan kariernya sebagai peneliti di Pusat Riset Peternakan, BRIN, sejak 2021 sampai sekarang di bidang Nutrisi Ruminansia dan Perubahan Iklim Subsektor Peternakan. Sejak 2017, terlibat sebagai tim penyusunan *Refinement Book* IPCC 2019, yang diorganisasi oleh IPCC, dan juga menjadi anggota Tim Perubahan Iklim Kementerian Pertanian untuk bidang peternakan. Penulis aktif

Buku ini tidak diperjualbelikan.

menjadi delegasi Indonesia di Livestock Research Group (LRG) dan Global Research Alliance. Bekerja sama dengan AgResearch New Zealand untuk memperbaiki dan membangun sistem inventori nasional subsektor peternakan. Buku yang pernah ditulis, yaitu *Livestock Activity Data Guidance (L-ADG) Methods and guidance on compilation of activity data for Tier 2 livestock GHG inventories*; "Chapter 10 Emissions from Livestock and Manure Managements" dalam *Volume 4: Agriculture, Forestry And Other Land Use, IPCC Guidelines for National Greenhouse Gasses Inventory*; *Potensi Vegetasi Perkebunan Kelapa Sawit sebagai Pakan Ruminansia*; *Emisi Gas Rumah Kaca dari Peternakan di Indonesia dengan Metode Tier 2 IPCC*; *Metode Penilaian Adaptasi dan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Sektor Pertanian: Emisi Dari Subsektor Peternakan*. *E-mail*: yeni_widiawati14@yahoo.com.



Yenny Nur Anggraeny lahir di Malang pada 18 April 1974. Penulis menyelesaikan program sarjana di bidang peternakan pada 1997 dari Universitas Brawijaya, Malang, dengan judul skripsi "Pengaruh By Pas Protein menggunakan formadehida pada bungkil kelapa terhadap daya cerna bahan kering dan bahan organic secara in vitro". Penulis menyelesaikan program magister di bidang Nutrisi dan Pakan Ternak Ruminansia pada tahun 2001 di Universitas Brawijaya, Malang, dengan judul tesis "Uji Potensi Bakteri Asam Laktat Usus Halus Sapi Perah sebagai Probiotik Ternak Ruminansia" dan program doktor di bidang Nutrisi dan Pakan Ternak Ruminansia pada tahun 2014 di Universitas Brawijaya, Malang, dengan judul disertasi "Sinkronisasi Protein dan Energi terhadap Produktivitas Sapi PO Jantan Lepas Sapi". Penulis merupakan Peneliti Ahli Madya di Pusat Riset Peternakan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, dengan bidang kepakaran Peternakan dan Ilmu Ternak serta Nutrisi dan Teknologi Pakan. Penulis mengawali

Buku ini tidak diperjualbelikan.

kariernya sebagai Peneliti di Loka Penelitian Sapi Potong sejak 2001 hingga tahun 2021. Pada tahun 2022, penulis berpindah menjadi Fungsional Peneliti di Badan Riset dan Inovasi Nasional dalam Pusat Riset Peternakan, Organisasi Riset Pangan dan Pertanian, dan tergabung dalam Kelompok Riset Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim Sektor Peternakan. *E-mail*: yennysahim@gmail.com dan yenn012@brin.go.id.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Indeks

3M, 185, 187, 311

ABJ, 186, 190, 191, 192, 313
ABSAH, 160, 161, 162, 166, 169, 312
ACCCRN, 181, 196
adaptasi, xii, xiii, xv, 1, 8, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 23, 35, 36, 40, 47, 55, 57, 59, 60, 62, 63, 66, 67, 69, 70, 73, 75, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 104, 105, 106, 107, 109, 113, 117, 127, 139, 141, 145, 148, 149, 150, 160, 165, 168, 170, 173, 178, 190, 191, 196, 197, 199, 200, 203, 209, 214, 215, 216, 219, 233, 234, 235, 238, 242, 248, 254, 260, 263, 264, 265, 285, 286, 287, 289, 291, 293, 294, 295, 297, 298, 299, 300, 301, 304, 305, 307, 308, 311, 314, 322, 331, 332, 334, 336, 340, 353, 358
Adaptasi Perubahan Iklim, xiii, 1, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 23, 55, 57, 59, 76,81, 82, 83, 86, 91, 104, 105, 106, 109, 113, 139, 141, 148, 150, 160, 165, 168, 170, 173, 178, 196, 197, 199, 200, 203, 216, 233, 234, 242, 248, 254, 263, 287, 289, 294, 295, 298, 299, 307, 308, 311, 331, 332, 340, 358
adaptasi ternak, xiii, 1, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 23, 55, 57, 59, 81, 82, 83, 86, 91, 104, 105, 106, 109, 113, 139, 141, 148, 150, 160, 165, 168, 170, 173, 178, 196, 197, 199, 200, 203, 216, 233, 234, 242, 248, 254, 263, 287, 289, 295, 298, 299, 307, 308, 311, 331, 332, 340, 358
adaptif, xiii, 1, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 23, 55, 57, 59, 81, 82, 83, 86, 91, 104, 105, 106,

Buku ini tidak diperjualbelikan.

109, 113, 139, 141, 148, 150, 160, 165, 168, 170, 173, 178, 196, 197, 199, 200, 203, 216, 233, 234, 242, 248, 254, 263, 287, 289, 295, 298, 299, 307, 308, 311, 331, 332, 340, 358
aedes, 175, 176, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 188, 190, 191, 300, 311, 318, 321, 323, 327, 329
Aedes aegypti, 175, 176, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 188, 190, 191, 300, 311, 318, 321, 323, 327, 329
Aedes albopictus, 176, 178, 179, 181, 183
Aedes sp., 176, 178, 179, 181, 183
agen, 178
agen perubahan, 233, 234, 242, 254, 258, 259, 311
agen sosial, 233, 234, 238, 242, 245, 246, 248, 249, 254, 258, 259, 311
agrobisnis, 233, 234, 238, 242, 245, 246, 248, 249, 254, 258, 259, 311
agroekologi, 56, 60, 73, 233, 234, 239, 242, 254, 258, 259, 311, 312
agroekosistem, 90, 151, 153, 165, 234, 311, 312, 348
agroforestry, 88, 89, 108, 233, 234, 242, 254, 258, 259, 311, 312
air, 88, 89, 108, 312
air bersih, 11, 16, 29, 41, 42, 88, 89, 108, 140, 158, 166, 168, 170, 171, 176, 179, 180, 185, 193, 194, 293, 311, 312
air hujan, 16, 63, 65, 67, 74, 88, 89, 96, 108, 158, 159, 160, 162, 163, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 176, 179, 180, 185, 190, 191, 192, 193, 194, 292, 297, 298, 299, 305, 312, 315, 316, 318, 323, 326, 327
air tanah tersedia, 86, 312
aktor sosial, 160, 161, 169, 267, 271, 274, 275, 285, 312
Akuifer, 86, 160, 161, 169, 312
alley cropping, 88, 89, 313
angka bebas jentik, 88, 89, 313
Angka Bebas Jentik, 186, 190, 191
Anopheles, 176, 179
Antroposen, v, 23, 25, 26, 28, 46, 48, 176, 179, 313, 351
asetogenesis reduktif, v, 23, 25, 26, 28, 46, 48, 313, 351
Asian Cities Climate Change Resilience Network, v, 23, 25, 26, 28, 46, 48, 181, 313, 351
Asparagopsis taxiformis, 181, 207, 230
Atmosfer, 2, 9, 49, 57, 59, 70, 81, 82, 117, 142, 143, 144, 173, 174, 302, 313, 314, 316, 317, 319, 320, 321, 323, 331

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Badan Pembangunan Daerah, 2, 9, 49, 57, 59, 70, 81, 82, 117, 142, 143, 144, 173, 174, 302, 313, 314, 316, 317, 319, 320, 321, 323, 331
bahan organik, 15, 59, 66, 70, 71, 74, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 101, 102, 206, 300, 313, 314, 315, 317, 319, 326
banjir, 15, 59, 66, 70, 71, 74, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 101, 102, 206, 300, 313, 314, 315, 317, 319, 326
Bappeda, 2, 9, 49, 57, 59, 70, 81, 82, 117, 142, 143, 144, 173, 174, 302, 313, 314, 316, 317, 319, 320, 321, 323, 331
bencana hidrologi, 15, 59, 66, 70, 71, 74, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 101, 102, 206, 300, 313, 314, 315, 317, 319, 326
big gun sprinkler, 12, 152, 154, 155, 156, 175, 313
biochar, 87, 152, 154, 155, 156, 313
biogas, 207, 221, 222, 223, 228, 299, 314
biomassa, 69, 87, 104, 314
blank spot area, 69, 87, 104, 314
breeding, 69, 87, 104, 314

carbon pricing, 69, 87, 104, 314
case fatality rate, 223, 314
cekaman, 56, 57, 60, 62, 63, 65, 66, 69, 73, 75, 99, 177, 209, 213, 215, 216, 217, 228, 314
cekaman kekeringan, 56, 57, 60, 62, 63, 65, 66, 69, 73, 75, 99, 209, 213, 215, 216, 217, 228
cekaman panas, 56, 57, 60, 62, 63, 65, 66, 69, 73, 75, 99, 209, 213, 215, 216, 217, 228
CH_4, 58, 59, 61, 70, 71, 141, 142, 143, 205, 206, 207, 219, 228, 291, 317
Chi A Gian, 5, 15, 114, 129, 130, 131
chikungunya, 176, 192
circular economy, 222, 315
climate change, 19, 20, 49, 50, 51, 52, 53, 58, 59, 61, 70, 71, 78, 106, 107, 108, 110, 111, 133, 136, 141, 142, 143, 165, 166, 167, 168, 169, 171, 197, 198, 199, 200, 205, 206, 207, 219, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 260, 288, 291, 314, 317
Climate Change Fiscal Framework, 56, 57, 60, 62, 63, 65, 66, 69, 75
CO_2, 2, 8, 9, 59, 141, 142, 143, 205, 206, 207, 219, 291, 314, 317, 319
co-benefit, 59, 69, 73, 82, 83, 85, 87, 88, 315
community access point, 279
container index, 186, 315
cover crop, 88, 89, 315
cuaca, xiii, 2, 8, 10, 29, 44, 56, 57, 81, 92, 93, 103, 104, 126, 139, 188, 284, 293, 320, 324, 325

daerah tadah air hujan, 180, 315
dam parit, 67, 151, 157, 167, 315
dam parit bertingkat, 151, 157, 167

Buku ini tidak diperjualbelikan.

datar imahan, 315
DBD, vi, 16, 173, 176, 177, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 194, 196, 200, 300, 311, 314, 315, 317, 318, 320, 329
DD, 176, 177, 183
defaunasi, 222
dekolonisasi, 23, 35, 36, 37, 48
demam berdarah, 16, 176, 183, 300, 318
demam berdarah dengue, 176, 183, 318
demam dengue, 176, 183, 318
DEN-1, 178
DEN-2, 178
DEN-3, 178
DEN-4, 178
dengue fever, 183, 198
dengue hemorrhagic fever, 183
dengue shock syndrome, 183, 315
desentralisasi, 35, 37, 38
DF, 183
DHF, 183, 200
diare, 176
DIC, 182
dimensi, 6, 13, 33, 48, 119, 129, 236, 237, 245, 246, 253, 258, 259, 264, 305, 309, 316
dimensi emosional, 236, 245, 246, 253, 258, 259, 316
dimensi intelektual, 236, 245, 246, 253, 258, 259, 316
dimensi spiritual, 236, 245, 246, 253, 258, 259, 316
Direktori Lembaga Penyiaran Berizin, 267
disseminated intravascular coagulation, 182, 316
domba, 6, 13, 33, 48, 87, 119, 129, 204, 205, 216, 236, 237, 245, 246, 253, 258, 259, 264, 305, 309, 316
DSS, 182, 183, 314

effective radiated power, 265
ekologi, 13, 30, 48, 102, 218, 233, 234, 235, 236, 237, 239, 242, 243, 246, 261, 285, 298, 299, 312, 316, 324
ekosofi, 17, 233, 235, 236, 237, 238, 245, 246, 251, 253, 254, 255, 257, 258, 259, 260, 261, 316
ekstensif, 220
El Niño, 58, 81, 316, 320, 359
embung, 63, 65, 67, 74, 75, 157, 163, 168, 299, 316
emerging, 137, 218, 226, 316
emisi, 1, 2, 27, 43, 45, 53, 58, 59, 60, 61, 63, 69, 70, 71, 73, 75, 79, 81, 82, 85, 87, 107, 115, 142, 174, 205, 206, 207, 210, 219, 220, 223, 230, 296, 304, 305, 314, 316, 325
emisi CH4, 61, 206, 207
emisi gas rumah kaca, 27, 75, 81, 107, 115, 174, 223, 230, 304, 314, 325
energi bersih, 221
energi terbarukan, 104, 209, 222, 223

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Energy Transition Mechanism, 223
environment, 50, 133, 166, 178, 197, 326
enzim, 207, 322
epidemiologi, 178, 181, 186, 317, 326, 355
erosi tanah, 74, 86, 95, 317, 327

fase, 8, 34, 62, 65, 66, 68, 69, 71, 74, 163, 181, 182, 183, 186, 187, 290, 297, 305, 318, 327
fase demam, 181
fase kritis, 181, 182, 186
fase penyembuhan, 181, 182
fermentasi enterik, 205
fikih, 17, 239, 249, 258, 301, 317
fikih agraria, 239, 317
fikih ekologi, 239
fikih lingkungan, 17, 249, 258
fogging, 185, 186, 317

gas rumah kaca, 1, 27, 57, 75, 76, 77, 81, 107, 115, 117, 141, 174, 205, 219, 223, 224, 227, 230, 289, 290, 291, 292, 299, 304, 308, 314, 317, 325
genetic, 367
geologi, 25, 162, 312, 313, 351
Ghana, 274, 287
GLEAM, 205
glukosa darah, 213
gogo rancah, 56, 61, 62, 64, 65, 67, 73, 75
gunung kayuan, 318
gurandil, 240, 318

heat stress, 216, 224, 228, 230
hidrolik konduktivitas, 86, 318
hidrologi, 11, 12, 118, 146, 147, 148, 158, 175, 337, 340, 358
hilir, 8, 174, 248, 291
holistik, 32, 45, 105, 150, 240
host, 178, 181, 326
house index, 186, 318
hulu, 8, 174, 197, 248, 281, 291

iklim, xi, xii, xiii, xv, xvi, 1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 35, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 55, 56, 57, 58, 59, 63, 66, 67, 68, 70, 73, 75, 76, 79, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 88, 90, 91, 98, 103, 104, 105, 106, 107, 109, 110, 111, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 129, 131, 136, 139, 140, 141, 142, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 152, 153, 160, 162, 165, 166, 168, 169, 170, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 180, 181, 188, 190, 193, 196, 197, 199, 200, 203, 204, 208, 209, 210, 211, 212, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 222, 223, 224, 226, 228, 230, 233, 234, 236, 237, 238, 240, 241, 242, 243, 248, 251, 254, 258, 260, 263, 264, 265, 274, 284, 285, 286, 287, 289, 290, 291,

Buku ini tidak diperjualbelikan.

292, 293, 294, 295, 297, 298, 299, 300, 301, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 311, 314, 318, 319, 320, 324, 325, 331, 332, 334, 336, 340, 348, 353, 358
iklim ekstrem, xiii, xv, 2, 5, 6, 11, 13, 14, 21, 28, 29, 58, 68, 75, 90, 174, 176, 263, 304, 324
imun, 214, 217
imunitas, 214, 215
imunologis, 214
inang-patogen, 214
incident rate, 177, 318
indeks suhu-kelembapan, 211
infeksi, 16, 175, 176, 177, 178, 180, 181, 182, 183, 184, 190, 191, 192, 196, 197, 200, 209, 214, 218, 318, 329
infeksi dengue, 16, 175, 176, 177, 178, 180, 181, 183, 184, 190, 191, 192, 196, 197, 318
infiltrasi hujan, 86, 318
inovasi, xii, xv, 31, 34, 38, 49, 63, 67, 74, 75, 82, 103, 105, 106, 122, 165, 173, 177, 186, 187, 190, 191, 197, 222, 303
insiden, 316
integrasi teknologi, 104, 289, 307
intercropping, 219, 318
internet of things, 104
ionoforik, 207, 313

jaringan radio komunitas, 266, 267
Jaringan Radio Komunitas Indonesia, 266, 267, 278
Jaringan Radio Suara Buruh, 266
Jaringan Radio Suara Nelayan, 266
Jaringan Radio Suara Petani, 266
jentik nyamuk, 16, 185, 300, 321

Kajian Risiko dan Adaptasi Perubahan Iklim, 175
kala, 270, 313
kambing, 87, 204, 205, 215, 216, 228
kapitalisme, 35, 235
karbon, 29, 59, 60, 71, 82, 83, 86, 87, 88, 89, 107, 109, 110, 141, 205, 207, 209, 219, 223, 291, 313, 314, 316, 317, 319, 328
karbon dioksida, 82, 141, 205, 291, 313, 314, 317, 319
katabolisme glikogen, 214
kearifan, xii, xiii, xv, 1, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 23, 24, 25, 26, 27, 39, 40, 46, 47, 48, 49, 55, 56, 57, 64, 75, 81, 82, 91, 92, 93, 95, 96, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 109, 110, 111, 113, 139, 141, 150, 157, 165, 167, 173, 192, 203, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 240, 243, 246, 249, 251, 253, 254, 255, 257, 258, 259, 263, 279, 280, 281, 284, 289, 295, 297, 299, 304, 307, 309, 319, 323, 328
kearifan lokal, xii, xiii, xv, 1, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 23, 24, 25, 26, 27, 39, 40, 46, 47, 48,

Buku ini tidak diperjualbelikan.

49, 55, 57, 64, 75, 81, 82, 91, 92, 93, 95, 96, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 109, 110, 113, 139, 141, 150, 157, 165, 167, 173, 192, 203, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 240, 243, 246, 249, 251, 253, 254, 255, 257, 258, 259, 263, 279, 280, 281, 284, 289, 295, 297, 299, 304, 307, 309, 319, 328
keberlanjutan, 12, 13, 14, 24, 25, 26, 30, 31, 32, 33, 37, 40, 57, 83, 122, 140, 165, 204, 208, 209, 234, 236, 240, 243, 249, 260, 319, 324
kejadian luar biasa, 176, 319
kekebalan tubuh, 212
kekeringan, xi, 6, 12, 14, 15, 29, 40, 41, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 75, 86, 90, 100, 103, 139, 144, 145, 147, 149, 153, 157, 158, 165, 167, 176, 208, 210, 214, 220, 263, 268, 275, 280, 284, 286, 290, 293, 294
Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 147, 168, 205, 218, 227
kenaikan muka laut, 2, 4, 5, 10, 14, 15, 29, 30, 113, 115, 116, 117, 118, 119, 121, 122, 124, 127, 130, 131, 292, 300, 301, 302, 303, 306
Kenya, 273
kepedulian peternak, 17
keping darah, 182
kerentanan, 40, 41, 58, 84, 104, 117, 123, 147, 189, 196, 209, 217, 290, 293, 294, 295, 319
ketahanan, 6, 8, 19, 24, 26, 28, 31, 58, 60, 77, 82, 84, 85, 104, 110, 111, 116, 148, 149, 170, 177, 178, 196, 234, 236, 239, 248, 249, 251, 253, 254, 258, 264, 290, 295, 319, 320
ketahanan iklim, 6, 8, 19, 82, 84, 149, 177, 290, 319
ketahanan pangan, 58, 60, 77, 85, 110, 111, 149, 234, 236, 248, 249, 251, 254, 258, 320
KIE, 186
KLB, 176, 319, 320
Komisi Penyiaran Indonesia Daerah, 267, 272, 288
Kompas, 50, 52, 110, 278, 345, 346
Komunikasi, Informasi, dan Edukasi, 196
komunitas, xii, 11, 17, 24, 27, 40, 42, 48, 49, 82, 91, 95, 104, 105, 157, 158, 159, 166, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 282, 285, 286, 287, 288, 294, 295, 296, 303, 306, 307, 312, 319, 326, 338, 339, 350
Konferensi Perubahan Iklim PBB, 264
konsentrat, 207, 222, 225

Buku ini tidak diperjualbelikan.

konservasi, 15, 64, 85, 88, 89, 90, 101, 106, 107, 109, 149, 150, 237, 238, 260, 267, 268, 270, 271, 272, 276, 282, 283, 284, 285, 286, 299, 300, 304, 309, 317, 320, 334
konservasi alam, 267, 272, 284, 285, 286
konservasi tanah, 15, 85, 88, 89, 109, 268, 300, 309, 320, 334
konsumsi, 41, 42, 56, 204, 210, 211, 212, 213, 225, 239, 244, 293
konsumsi pakan, 210, 211, 212, 213
konsumsi protein, 204
kontainer buatan manusia, 180, 181, 191, 193
konversi pakan, 216
Kota Tarakan, 175, 176, 177, 188, 189, 190, 191, 192, 195, 196, 199, 355
KRAPI, 175, 176, 188, 189, 191
krisis, 17, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 39, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 52, 114, 140, 237, 239, 265, 282, 284, 294, 320
krisis iklim, 17, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 43, 44, 45, 46, 48, 52, 114, 265, 320
krisis iklim Antroposen, 25, 28, 46
krisis lingkungan, 31, 282, 284
kualitas pakan, 206, 208, 209, 210, 214
lahan kering, 38, 91, 94, 110, 150, 152, 163, 167, 169, 170, 221, 320, 321, 328
lahan kering iklim kering, 152, 169, 320
lahan kering masam, 152, 169, 321
lahan sawah tadah hujan, 14, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 63, 66, 67, 68, 71, 73, 75, 77, 91, 152, 168, 321
laju erosi, 89, 121, 321
lamping awian, 321
La Niña, 58, 81, 320
larva, 179, 181, 184, 185, 186, 187, 318, 327
larvasida, 185, 321
leadership, 251, 252, 253
lebak sawahan, 321
legitimasi, 235
leptospirosis, 183
Leuweung, 241, 242, 271, 281, 282, 286
Leuweung Garapan, 241, 242
Leuweung Titipan, 241, 242
Leuweung Tutupan, 241, 242, 281
light emiting diode, 104, 322
limbah, 27, 39, 48, 66, 150, 173, 206, 209, 219, 221, 222, 224, 225, 228, 239, 314, 328, 329
limbah peternakan, 221
limbah urine, 221
lingkungan hidup, 28, 168, 281, 282, 283, 329
lokal, xii, xiii, xv, xvi, 1, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 23, 24, 25, 26,

Buku ini tidak diperjualbelikan.

27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 36, 38, 39, 40, 41, 43, 46, 47, 48, 49, 55, 56, 57, 64, 66, 72, 75, 81, 82, 91, 92, 93, 95, 96, 97, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 109, 110, 113, 117, 139, 141, 147, 150, 157, 165, 167, 173, 192, 203, 204, 210, 213, 216, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 240, 242, 243, 246, 249, 251, 252, 253, 254, 255, 257, 258, 259, 263, 264, 265, 274, 275, 279, 280, 281, 284, 285, 286, 289, 291, 295, 296, 297, 299, 300, 304, 305, 307, 308, 309, 319, 323, 328, 334, 342, 350, 352
LSM, 105, 279

malaria, 176, 183, 301
managed retreat, 127, 128, 131, 132, 134
Mandalamekar, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286
man-made container, 179, 191, 194
Maryani, E., 288
Media Indonesia, 278
menutup, menguras, dan mengelola sampah, 187, 311
Mercy Corps, 190, 194, 196
metana, 43, 53, 58, 59, 70, 73, 79, 120, 141, 205, 210, 222, 227, 291, 299, 304, 305, 313, 317
Minomartani, 273
mitigasi, 47, 59, 63, 71, 73, 75, 76, 82, 83, 85, 87, 88, 91, 107, 109, 149, 166, 209, 220, 230, 291, 308, 322, 334, 336, 353
Mitra Alam Munggaran, 268, 283
multi-organ failure, 182, 316
musim hujan, 4, 12, 41, 56, 84, 86, 91, 92, 93, 94, 95, 98, 157, 163, 180, 280, 298, 321

N_2O, 58, 59, 61, 71, 76, 142, 143, 205, 206, 207, 219, 291, 317, 347
ngamumule lemah cai, 284
nyamuk, 16, 175, 176, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 190, 191, 192, 194, 195, 300, 301, 311, 318, 321, 323, 327, 329
nyamuk betina, 180, 182
nyamuk dewasa, 179, 181, 184, 185, 186, 191, 327
nyamuk jantan, 180

organisme pengganggu tanaman, 9, 15, 56, 62, 90, 109, 322
otoritas, 235

P2 DBD, 184, 186, 187, 196
pakan, 100, 101, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 216, 217, 219, 220, 221, 222, 223, 228, 246, 299, 317, 322, 336, 342
pakan aditif, 206, 222, 322, 336

Buku ini tidak diperjualbelikan.

pakan hidroponik, 217
pakan suplemen, 222
palawija, 56, 61, 93, 298, 323
panen air hujan, 65, 67, 158, 323
parasit, 176, 209, 217, 218, 324, 329
PBB, 30, 83, 115, 174, 263, 264
PDAM, 190
pelana kuda, 181
pelayanan berbasis masyarakat, 273
pemanasan global, 16, 29, 46, 57, 59, 69, 114, 115, 118, 120, 121, 129, 141, 143, 146, 173, 216, 224, 285, 289, 291, 292, 293, 299, 316, 323
pemuliaan, 216
pemupukan berimbang, 67, 69, 71, 75, 90, 323
pengetahuan, xii, xiii, xvi, 13, 14, 18, 24, 25, 26, 27, 28, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 46, 47, 48, 49, 68, 91, 95, 104, 105, 118, 141, 196, 221, 234, 235, 236, 240, 243, 245, 264, 265, 266, 280, 286, 295, 296, 297, 300, 303, 304, 307, 315, 319, 322, 323, 329
pengetahuan ekologis, 24, 26, 28
pengetahuan lokal, xvi, 13, 26, 28, 36, 39, 41, 46, 47, 48, 264, 265, 280, 286, 295, 296, 300, 304, 307, 323
pengolahan limbah, 221
penurunan tanah, 114, 117, 121, 122, 124, 128, 129, 130, 131, 292
penyakit berbasis vektor, 175, 176
penyakit infeksi menular, 175, 176
penyakit menular, 175, 178, 196
penyedia pangan, 203
pergerakan sosial, 234, 254, 258
Perjanjian Paris, 114, 148, 264, 285
pertanian berkelanjutan, 13, 104, 165, 235, 236, 237, 239, 240, 242, 243, 249, 251, 252, 254, 255, 257, 258, 259, 260, 314, 324
perubahan, xi, xii, xiii, xv, xvi, 1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 35, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 50, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 62, 63, 66, 67, 70, 73, 76, 79, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 88, 90, 91, 94, 103, 104, 105, 106, 107, 109, 110, 113, 114, 115, 136, 139, 140, 141, 142, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 153, 160, 165, 166, 168, 169, 170, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 181, 188, 190, 193, 196, 197, 199, 200, 203, 204, 207, 208, 209, 210, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 222, 223, 224, 226, 228, 230, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 240, 241, 242, 243, 248, 251, 252, 253, 254, 255, 258, 259, 260, 262, 263, 264, 265, 266, 269, 274,

Buku ini tidak diperjualbelikan.

275, 277, 278, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 305, 306, 307, 308, 311, 312, 314, 319, 320, 322, 324, 325, 328, 329, 331, 332, 334, 336, 340, 353, 358
perubahan iklim, xi, xii, xiii, xv, xvi, 1, 3, 5, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 33, 35, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 48, 50, 55, 56, 57, 59, 63, 66, 67, 70, 73, 76, 79, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 88, 90, 91, 103, 104, 105, 106, 107, 109, 110, 113, 115, 139, 140, 141, 142, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 153, 160, 165, 166, 168, 169, 170, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 181, 188, 190, 193, 196, 197, 199, 200, 203, 204, 208, 209, 210, 212, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 222, 223, 224, 226, 228, 230, 233, 234, 236, 237, 238, 240, 241, 242, 243, 248, 251, 254, 258, 260, 263, 264, 265, 274, 285, 286, 287, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 297, 298, 299, 300, 301, 303, 305, 306, 307, 308, 311, 314, 319, 320, 324, 325, 331, 332, 334, 336, 340, 353, 358
perubahan sosial, 17, 233, 234, 235, 236, 238, 252, 253, 254, 255, 258, 259, 260, 262, 274, 288, 311, 312, 325
Perusahaan Daerah Air Minum, 190
pestisida nabati, 72, 102
plasma nutfah, 216
plasmodium, 176
policy maker, 196
polifenol, 72, 207, 325
porositas, 326
prevalensi penyakit hewan, 214
probiotik, 207, 222, 322, 326
produksi, 4, 5, 6, 8, 9, 29, 35, 40, 42, 44, 45, 56, 57, 58, 60, 64, 66, 68, 77, 78, 83, 87, 90, 97, 102, 103, 140, 141, 150, 165, 170, 174, 175, 176, 204, 205, 206, 207, 208, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 219, 220, 222, 223, 239, 244, 246, 248, 255, 314, 315, 323, 329, 332, 340
produksi susu, 210, 212, 214, 215, 220
produksi ternak, 204, 206, 210, 211, 215, 217, 219
PSN, 185, 187
public awareness campaign, 196
pupa, 179, 181, 184, 318, 327
pupuk, 42, 66, 69, 71, 73, 74, 78, 79, 90, 91, 206, 207, 219, 221, 222, 228, 247, 250, 251, 252, 259, 299, 314, 323, 326

Buku ini tidak diperjualbelikan.

pupuk anorganik, 326
pupuk kompos, 219, 221, 222
pupuk organik, 74, 79, 90, 221, 228, 247, 250, 251, 299, 326

Radar TV, 278
radio komunitas, 17, 263, 265, 266, 267, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 276, 282, 286, 287, 288, 303, 326, 338, 339
ramah lingkungan, 16, 24, 31, 33, 39, 44, 45, 79, 94, 104, 129, 209, 221, 224, 315, 324
rawan air bersih, 16, 180
reboisasi, 268, 280
re-emerging diseases, 218, 316
rentan, 4, 6, 29, 41, 42, 43, 56, 58, 62, 63, 121, 153, 174, 209, 212, 214, 215, 216, 264, 274, 286, 287, 290, 293, 306
reservoir, 157, 218, 312, 315
respon fisiologis, 225
RNA, 178
Rockefeller Foundation, 190, 196
role model, 251, 252, 253
rumah mizuya, 124, 125
rumen, 205, 222, 227, 317, 352
ruminansia, 16, 204, 205, 212, 213, 214, 215, 216, 229, 317, 323, 328, 336, 352, 353, 356
run-off, 88, 89, 326
Ruyuk, 267, 269, 270, 271, 272, 276, 278, 281, 282, 283, 284, 285, 286

salafiyah, 248, 325
sapi, 71, 87, 204, 205, 206, 208, 209, 211, 212, 215, 216, 220, 224, 225, 228, 229, 230, 342
satwa liar, 218
SDGs, 193
Seacology Prize, 278
sea wall, 122, 124, 125, 128, 131
segitiga epidemiologi, 178, 181, 326
sekresi hormon, 214
sel darah putih, 214
self limiting disease, 182
Serikat Paguyuban Petani Qaryah Tayyibah (SPPQT), 266
siklus nyamuk, 185, 318, 327
silvopastur, 219, 327
sistem kekebalan tubuh, 212
sistem pencernaan, 205, 215
sistem peringatan dini, 218, 303, 306, 327
sludge biogas, 222
slurry, 222
small creature, 178
solid non-fat, 208
sprinkle air, 217
strip cropping, 88, 89, 327
suhu tubuh, 212, 213
surveilans, 187, 188, 218, 327
sustainable development goals, 193

TAD, 16, 173, 177, 184, 185, 187, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 200
tampungan air mini sistem renteng, 328
tanah harem, 268, 276

Buku ini tidak diperjualbelikan.

tanin, 72, 207, 222, 227, 328
Tasikmalaya, 260, 268, 271, 272, 303
teknologi, xii, xiii, xv, xvi, 8, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 63, 67, 69, 74, 75, 79, 82, 83, 84, 85, 91, 95, 100, 101, 103, 104, 105, 106, 112, 114, 122, 129, 130, 131, 132, 136, 141, 150, 152, 158, 163, 165, 167, 168, 169, 192, 193, 194, 195, 197, 209, 215, 218, 221, 222, 223, 226, 230, 245, 249, 258, 259, 267, 277, 289, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 306, 307, 312, 322, 323, 328, 334
teknologi kearifan, 91, 249, 258, 259, 328
teknologi lokal, 36, 39
teknologi tepat guna, 40, 192, 194, 195, 197
telur, 184, 204, 318
termoregulasi, 208, 213, 217, 229, 328
the Great Acceleration, 328
Timbulharjo, 273
toleran, 67, 68, 75, 90, 216
total solid, 208
tradisi, xii, 14, 33, 38, 39, 46, 94, 234, 235, 236, 239, 240, 241, 249
tradisi leluhur, 235, 239, 241
transboundary diseases, 218, 328
trombosit, 182, 184, 329
trombositopenia, 182, 329
tropis, 29, 94, 146, 180, 216
tutur leluhur, 240, 243, 249, 253, 318, 329
TvOne, 278
typhoid, 176

underlying disease, 176
UNESCO, 148, 149, 171, 266, 287
UNFCCC, 83, 174, 264

varietas padi tahan kekeringan, 67
vector-borne diseases, 198, 218, 329
vektor, 175, 176, 178, 181, 184, 191, 194, 195, 196, 200, 208, 209, 217, 293, 311, 324, 329
vermicompost, 222
virus dengue, 178, 180, 181, 183, 318, 323, 329

wabah, 176, 184, 185, 186, 218
Wabwire, J., 288
walik jerami, 14, 15, 55, 57, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 71, 73, 75, 297, 329
water-borne diseases, 176, 329
Wiladeg, 273
World Health Organization, 177, 180, 184, 201
zat gizi, 176
zero waste, 219, 222, 329
zika, 176, 192
zoonosis, 218, 226, 324

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Perubahan iklim telah terjadi secara alamiah di lapisan biosfer sepanjang waktu. Namun, perubahan iklim yang terjadi saat ini makin meningkat intensitas dan lajunya dikarenakan aktivitas manusia melalui emisi antropogenik gas rumah kaca (GRK). Meningkatnya konsentrasi GRK dan suhu permukaan bumi telah menyebabkan pemanasan global yang mengakibatkan terjadinya perubahan iklim yang memberikan dampak yang kompleks pada semua sektor kehidupan manusia.

Adaptasi sangatlah penting untuk menjaga keberlanjutan sistem kehidupan di bumi. Adaptasi diartikan sebagai tindakan menyesuaikan diri untuk antisipasi dampak perubahan iklim dengan tujuan meringankan dampak buruk yang dihadapi. Kegiatan adaptasi diharapkan dapat meningkatkan resiliensi terhadap dampak negatif perubahan iklim. Adaptasi dapat berbentuk teknologi, langkah aksi, maupun kebijakan. Selain itu, kearifan lokal menjadi hal yang sangat penting dan memiliki peran sentral dalam upaya adaptasi terhadap perubahan iklim di Indonesia.

Buku ini memperkenalkan berbagai teknologi adaptasi dan kearifan lokal pada sektor prioritas RPJMN 2020–2024, yaitu sektor pesisir dan kelautan, ketersediaan sumber daya air, pertanian dan pangan, serta kesehatan. Buku ini diharapkan dapat menjadi sumber literasi guna meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap perubahan iklim. Lebih lanjut, teknologi dan kearifan lokal untuk adaptasi perubahan iklim yang ada diharapkan dapat diadopsi oleh masyarakat yang lebih luas.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

BRIN Publishing
The Legacy of Knowledge

Diterbitkan oleh:
Penerbit BRIN, anggota Ikapi
Gedung B.J. Habibie Lt. 8,
Jl. M.H. Thamrin No. 8,
Jakarta Pusat 10340
E-mail: penerbit@brin.go.id
Website: penerbit.brin.go.id

DOI: 10.55981/brin.901

ISBN 978-623-8372-46-1