

**PENGUKURAN EMISI
GAS RUMAH KACA (GRK)**

***Lahan Budidaya
Cabai***



**KEMENTERIAN PERTANIAN
REPUBLIK INDONESIA**

**PENGUKURAN EMISI
GAS RUMAH KACA (GRK)
LAHAN BUDIDAYA CABAI**



**DIREKTORAT PERLINDUNGAN HORTIKULTURA
DIREKTORAT JENDERAL HORTIKULTURA
JAKARTA
2022**

PENGUKURAN GAS RUMAH KACA (GRK) PADA LAHAN BUDIDAYA CABAI

Tim Penyusun

Dr. M. Agung Sunusi, SP, M.Si
Antoni Setiawan, SP
Ir. Yuliastuti Purwaningsih, MM
Ir. Aneng Hermami, M.Si

Kontributor

Aprian Aji Santoso, SP, MP
M. Roy Setiawan, SP
Desy Rakhma Caesarani Utomo, SP

Penerbit :



Kementerian Pertanian Republik Indonesia

Jl. Ir. H. Juanda No. 20
Kota Bogor 16122, Indonesia
Telp (0251) 8321746. Fax (0251) 8326561

Cetakan Pertama, Tahun 2022
Hak cipta dilindungi undang-undang

ISBN : 978-979-582-222-6

KATA PENGANTAR

Pengukuran Gas Rumah Kaca (GRK) Sub Sektor Hortikultura merupakan salah satu langkah inventarisasi yang dilakukan oleh Direktorat Jenderal Hortikultura sebagai langkah mitigasi dampak perubahan iklim sub sektor hortikultura. Kegiatan pengukuran ini dilakukan untuk melihat GRK khususnya CO₂ dan N₂O yang dihasilkan dari lahan-lahan pertanian.

Peningkatan GRK di sektor pertanian secara berlebihan dapat berpengaruh terhadap kegiatan-kegiatan pertanian, misalnya penentuan pola tanam, panen dan produktivitas pertanian. Salah satu upaya untuk mengurangi GRK yang dihasilkan oleh lahan pertanian dengan budidaya pertanian ramah lingkungan.

Pengukuran GRK ini bertujuan untuk mendapatkan data-data GRK yang dihasilkan lahan pertanian sub sektor hortikultura diberbagai lokasi di Indonesia, sehingga kedepannya dapat menerapkan kebijakan secara menyeluruh sebagai langkah mitigasi perubahan iklim subsektor hortikultura.

Keberhasilan dalam penanganan dampak perubahan iklim, salah satunya ditentukan dari hasil-hasil pengukuran GRK yang ada pada lahan-lahan pertanian sub sektor hortikultura. Maka dari itu, pengukuran gas rumah kaca pada komoditas hortikultura dapat dilaksanakan dengan tepat, aman, efisien, efektif dan menyeluruh.

Jakarta, Desember 2022
Direktur Perlindungan Hortikultura



Ir. Sukarman

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan.....	4
C. Manfaat.....	5
II. GAS RUMAH KACA, PEMANASAN GLOBAL DAN PERUBAHAN IKLIM SUB SEKTOR HORTIKULTURA	6
A. Gas Rumah Kaca (GRK).....	13
B. Dampak Perubahan Iklim terhadap Sub Sektor Hortikultura.....	15
C. Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Perkembangan OPT.....	18
D. Pengaruh Iklim Terhadap Perkembangan Hama.....	21
E. Pengaruh Iklim terhadap Perkembangan Penyakit ..	22
III. ADAPTASI DAN MITIGASI GRK SUB SEKTOR HORTIKULTURA.....	24
IV. SUMBER EMISI SUB SEKTOR HORTIKULTURA	26
V. BUDIDAYA KOMODITAS CABAI (KONVENSIONAL DAN RAMAH LINGKUNGAN)	28

VI. TEKNIK PENGUKURAN EMISI GRK	30
A. Bahan dan Alat yang Digunakan	30
B. Langkah-langkah Pengambilan Sampel Emisi GRK	32
C. Perhitungan Emisi GRK	34
D. Lokasi dan Waktu Pengambilan Sampel	34
VII. HASIL PENGUKURAN GRK PADA CABAI DI KABUPATEN SLEMAN.....	41
A. Hasil Pengukuran GRK Cabai di Kab. Sleman (N_2O)	41
B. Hasil Pengukuran GRK Cabai di Kab. Sleman (CO_2)	43
C. Global Warming Potential (GWP) pada Cabai di Kabupaten Sleman	44
VIII. PENUTUP	46
A. Kesimpulan.....	46
B. Tindak Lanjut	47
DAFTAR BACAAN	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Ilustrasi efek rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global.....	7
Gambar 2.	Alat-alat Pengukuran GRK (Santoso, 2022)....	31
Gambar 3.	Pengambilan sampel emisi GRK pada lahan budidaya Cabai	39

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) adalah lepasnya gas-gas yang mempunyai efek rumah kaca pada suatu area ke atmosfer dalam jangka waktu tertentu, baik yang disebabkan oleh proses alamiah dan biologi maupun proses kimia dan fisika akibat aktivitas manusia, termasuk pertanian. Peningkatan emisi GRK secara langsung akan meningkatkan konsentrasi GRK di atmosfer yang menyebabkan pemanasan global '*global warming*' akibat efek rumah kaca atau terhalangnya panas (*heat*) atau radiasi gelombang panjang ke luar atau ke atmosfer oleh GRK. Dampak lain yang ditimbulkan dari GRK ini adalah terjadinya perubahan iklim.

Pemerintah Indonesia telah meratifikasi terkait pemanasan global melalui Undang-Undang No. 17 tahun 2004, artinya Indonesia terlibat secara langsung maupun tidak langsung dalam mengatasi perubahan iklim dengan target penurunan tingkat emisi rata-rata 5,2% sampai pada tahun 2012 untuk negara-negara maju termasuk Indonesia.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPPC) memprediksi bahwa perubahan iklim saat ini berjalan lebih cepat dari perkiraan sebelumnya. Oleh karena itu, perlu upaya ekstrim penurunan GRK sampai tahun 2050.

Indonesia berkomitmen menurunkan emisi GRK 29% dengan kemampuan sendiri dan menjadi 41% dengan bantuan luar negeri sampai tahun 2020. Komitmen ini tertuang dalam Rencana Aksi Nasional (RAN) GRK melalui *Pepres 61* tahun 2011. Target pada 5 sektor utama yang terlibat langsung, yaitu kehutanan dan lahan gambut, limbah pertanian, industri, energi dan transportasi, dan pengelolaan limbah. serta *Pepres No. 71* tahun 2001 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional. Berdasarkan *Pepres RAN (Rencana Aksi Nasional) GRK*, pertanian berkewajibarn menurunkan emisinya sekitar 8 juta ton CO₂ sampai tahun 2020.

Sumber utama GRK terdiri atas CO₂, N₂O dan CH₄. Gas CO₂ diserap dari atmosfer melalui proses fotosintesis dan dilepaskan melalui respirasi, dekomposisi, dan pembakaran bahan organik. Gas N₂O diemisikan sebagai efek samping proses nitrifikasi dan denitrifikasi, sedangkan

gas CH₄, diemisikan melalui proses metanogenesis pada kondisi anaerob dalam tanah, penyimpanan pupuk kandang melalui proses enteric fermentation, dan akibat pembakaran bahan organik tidak sempurna. Gas lain yang dihasilkan pada proses pembakaran adalah NO₂, NH₃, NMVOC dan CO yang disebut emisi tidak langsung. Gas-gas tersebut merupakan pemicu (precursor) dalam pembentukan GRK di atmosfer. Emisi tidak langsung juga terjadi dari proses pencucian atau aliran permukaan yang membawa senyawa nitrogen, terutama NO yang kemudian dapat dikonversi menjadi N₂O melalui proses denitrifikasi.

Strategi Kementerian Pertanian menggenjot produksi komoditas hortikultura yang sehat dan berdaya saing adalah implementasi program Gerakan Mendorong Produksi, Daya Saing dan Ramah Lingkungan Hortikultura (Gedor Horti). Salah satunya dengan melakukan langkah-langkah tepat mengantisipasi dampak perubahan iklim. Pendekatan adaptasi dan mitigasi dampak perubahan iklim, pengukuran konsentrasi Gas Rumah Kaca (GRK) berupa pengukuran nitrogen oksida (N₂O) dan Karbon dioksida (CO₂).

Komitmen Direktorat Jenderal Hortikultura dalam penurunan emisi GRK adalah dengan melakukan pengukuran GRK bekerja sama dengan Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (Balingsan) Pati dan BPTPH Yogyakarta pada tahun 2021 dan BPTPH Jawa Tengah pada tahun 2022. Salah satunya adalah dengan mengukur perbandingan GRK pada tanaman sayuran hortikultura Cabai yang dibudidayakan secara ramah lingkungan dengan Cabai yang dibudidayakan secara konvensional.

B. Tujuan

1. Untuk mengetahui emisi gas rumah kaca berupa Nitrogen Oksida (N_2O) dan Karbon dioksida (CO_2) pada lahan budidaya Cabai ramah lingkungan dan konvensional.
2. Untuk mengetahui potensi pemanasan global (*Global Warming Potential*) pada lahan budidaya Cabai ramah lingkungan dan konvensional.

C. Manfaat

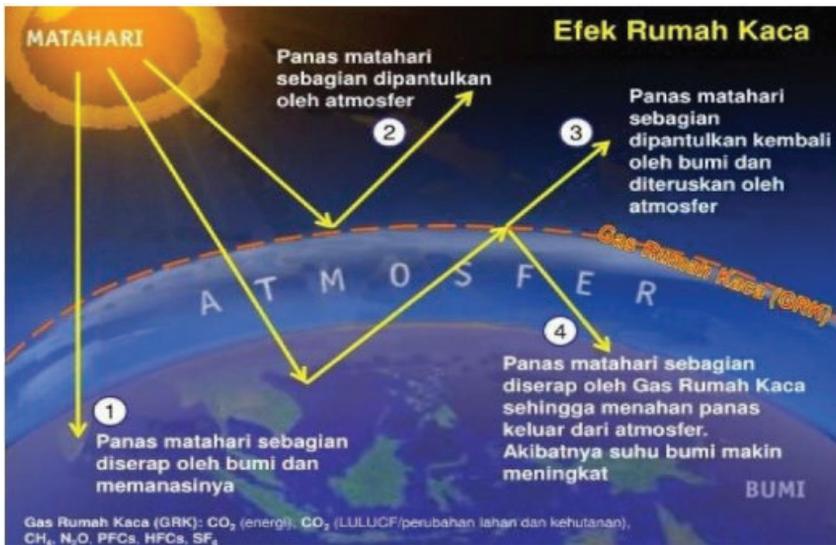
1. Sebagai referensi dan rekomendasi kebijakan penanganan dampak perubahan iklim sub sektor hortikultura.
2. Meningkatkan pemahaman dan pengetahuan petani/stakeholder terkait dengan pengukuran GRK pada lahan Cabai ramah lingkungan dan konvensional.

II. GAS RUMAH KACA, PEMANASAN GLOBAL DAN PERUBAHAN IKLIM SUB SEKTOR HORTIKULTURA

Pemanasan Global '*global warming*' merupakan ketidakseimbangan ekosistem di bumi akibat adanya peningkatan suhu rata-rata atmosfer, laut, dan daratan di bumi yang disebabkan oleh peningkatan konsentrasi Gas Rumah Kaca (GRK) di atmosfer seperti Karbondioksida (CO_2), Metana (CH_4), Dinitrogen Oksida (N_2O), Hidrofluorokarbon (HFCs), Perfluorocarbon (CFCs), dan Sulfur Heksa Fluorida (SF_6) (Triana, 2008). GRK memiliki sifat khas seperti kaca yaitu meneruskan radiasi gelombang pendek atau cahaya matahari, namun menyerap dan memantulkan radiasi gelombang panjang yang bersifat panas sehingga suhu di atmosfer mengalami peningkatan.

Pemanasan global terjadi karena sinar matahari memancarkan radiasi gelombang pendek dan gelombang panjang dimana sebagian besar radiasi gelombang pendek diserap dan memanaskan permukaan bumi serta radiasi balik gelombang panjang (infra merah) yang dipancarkan permukaan bumi sebagian dipancarkan keluar atmosfer dan sebagian memanaskan atmosfer (Triana, 2008). Oleh karena adanya peningkatan konsentrasi GRK di atmosfer menyebabkan panas dari matahari

sebagian tidak dapat diteruskan (terperangkap) sehingga menyebabkan peningkatan suhu bumi yang mengakibatkan pemanasan global (Gambar 1).



Gambar 1. Ilustrasi efek rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global

Sumber: amongguru.com

Dengan meningkatnya GRK terutama (CO₂), akan semakin banyak gelombang panas matahari atau infra merah yang dipantulkan dari permukaan bumi diserap atmosfer sehingga suhu permukaan bumi semakin meningkat. Semakin tinggi konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer, semakin menjadi insulator yang

menahan lebih banyak panas dari matahari yang dipancarkan ke bumi. Bumi memanas akibat dari sinar matahari yang sudah masuk ke bumi tidak bisa keluar karena gas-gas rumah kaca ini membentuk lapisan di atmosfer yang memantulkan sinar matahari. Proses tersebut pada akhirnya akan menyebabkan terjadinya pemanasan global yang akan berpengaruh terhadap perubahan iklim.

Definisi perubahan iklim menurut Undang-Undang Nomor 31 Tahun 2009 yaitu berubahnya iklim yang diakibatkan secara langsung atau tidak langsung oleh aktivitas manusia yang menyebabkan perubahan komposisi atmosfer secara global serta perubahan variabilitas iklim alami yang teramati pada kurun waktu yang dapat dibandingkan. Contohnya curah hujan yang lebih banyak intensitas di musim penghujan atau musim kemarau yang lebih panjang dari tahun-tahun sebelumnya. Dalam istilah modern saat ini, perubahan iklim juga dikenal dengan istilah yang berkaitan dengan berubahnya parameter iklim yang disebabkan oleh hawa panas bumi yang semakin meningkat.

Perubahan iklim terjadi sebagai akibat dari variabilitas internal dalam sistem iklim dan faktor eksternal (baik alami maupun antropogenik). Faktor alami seperti aktivitas gunung

berapi turut menyumbang peningkatan GRK di atmosfer, sedangkan faktor antropogenik yang turut memicu peningkatan GRK di atmosfer berasal dari pembakaran bahan bakar fosil. Besarnya dampak perubahan iklim terhadap pertanian tergantung pada tingkat dan laju perubahan iklim dan sifat dan kelenturan sumberdaya dan sistem produksi pertanian. Sektor pertanian merupakan sektor yang paling rentan terhadap dampak perubahan iklim yang terjadi akibat pemanasan global. Perubahan iklim dapat memicu perubahan musim, pola tanam, waktu tanam, produksi dan kualitas hasil pertanian (Hidayati dan Suryanto, 2015). Surmaini et al., (2011) menyatakan bahwa terdapat tiga faktor penting dalam perubahan iklim global yang berdampak pada sektor pertanian yaitu perubahan pola hujan, meningkatnya kejadian cuaca ekstrim (banjir dan kekeringan), peningkatan suhu udara dan permukaan air laut.

GRK tersebut dihasilkan oleh berbagai sektor mulai dari industri, transportasi, produksi listrik, agrikultur (pertanian & peternakan), komersial, dan pemukiman (EPA, 2022). Beberapa tanda terjadinya pemanasan global yang muncul dalam beberapa dekade terakhir di antaranya adalah (NASA, 2022):

1. Kenaikan suhu global yang dimulai sejak akhir abad ke-19, kini telah mencapai 1 °C. Hal ini didorong oleh peningkatan emisi gas karbondioksida ke atmosfer bumi yang disebabkan oleh aktivitas manusia.
2. Kenaikan suhu lautan merupakan dampak dari pemanasan global telah tercatat sejak tahun 1969, kini telah mencapai 0,33 °C.
3. Penyusutan lapisan es yang berada di wilayah Antartika dan Greenland menjadi bukti telah terjadinya pemanasan global. Greenland mengalami penurunan massa lapisan es yang tercatat rata-rata sebesar 279 miliar ton/tahun antara 1993 hingga 2019. Sedangkan benua Antartika, tercatat kehilangan lapisan es sebesar 148 miliar ton/tahun (NASA, 2022; UCSUSA, 2017). Sedikit tambahan, penurunan massa lapisan es ini tidak hanya terjadi di Antartika dan Greenland, tapi juga terjadi di Arktik.
4. Peningkatan frekuensi terjadinya fenomena ekstrim, seperti peningkatan temperatur udara, banjir, dan kekeringan di berbagai daerah juga menjadi bukti telah terjadinya pemanasan global.
5. Peningkatan ketinggian air laut sudah pasti terjadi akibat lapisan es yang mencair. Ketinggian air laut global tercatat

sudah meningkat 20 cm dalam satu abad yang lalu. Laju kenaikan permukaan air laut juga dilaporkan hampir mencapai dua kali lipat selama dua dekade terakhir dan mengalami sedikit kenaikan setiap tahunnya (NASA, 2022). Sebetulnya dampak dari kenaikan permukaan air laut sudah dapat dilihat terjadi di berbagai kota di Indonesia, seperti Jakarta dan berbagai kota lainnya di Indonesia.

Perubahan iklim merupakan suatu fenomena yang tidak dapat dihindari. Proses ini dimulai ketika era industri muncul. Kemajuan industri ternyata mengubah gaya hidup manusia. Dari yang semula bersifat manual, lokal, dan hanya berpengaruh pada lingkup hidup yang kecil, lalu berubah dalam skala besar. Orang tidak cukup jika hanya berjalan kaki. Untuk itu diciptakanlah alat transportasi yang menggunakan tenaga manusia dan hewan. Setelah itu, manusia menciptakan sepeda tak bermesin. Inovasi terus berlanjut sehingga muncul sepeda bermotor yang menggunakan bahan bakar etanol. Seiring dengan laju teknologi industri maka kendaraan berubah menjadi mobil dan industri pun menggunakan mesin-mesin besar yang digerakkan oleh bahan bakar dari fosil.

Perubahan iklim juga dapat menimbulkan dampak secara langsung maupun tidak langsung terhadap produksi pertanian. Dampak langsung yang ditimbulkan dari perubahan iklim yaitu menurunnya produksi pertanian akibat dari kenaikan suhu, salinitas tanah, serta musim kemarau atau penghujan yang panjang. Sedangkan dampak tidak langsung yaitu berkurangnya pasokan air irigasi, berkurangnya luas lahan potensial di kawasan pesisir akibat rob, munculnya hama dan penyakit yang baru, dan lain sebagainya (Faqih dan Boer, 2013). Oleh karena itu sektor pertanian harus mampu beradaptasi dengan perubahan iklim untuk tetap dapat mempertahankan atau bahkan meningkatkan produktivitas pertanian untuk beberapa dekade mendatang guna memenuhi kebutuhan pangan yang semakin meningkat seiring dengan meningkatnya populasi penduduk global.

Perubahan iklim mengakibatkan peningkatan curah hujan di wilayah tertentu dan sekaligus kekeringan di tempat yang lain (Kusnanto, 2011). Kejadian banjir dan kekeringan dapat mengganggu tanaman dari persemaian hingga panen. Gangguan tanam bisa berupa gagal tanam setelah semai, tanaman rusak karena banjir, bahkan puso. Selain itu, peningkatan intensitas banjir secara tidak langsung akan mempengaruhi produksi karena meningkatnya serangan hama dan penyakit tanaman.

A. Gas Rumah Kaca (GRK)

Gas Rumah kaca merupakan sekumpulan gas di atmosfer yang mampu menahan panas seperti dinding-dinding kaca dari sebuah rumah kaca. Kemampuan GRK menahan panas tersebut biasa dikenal dengan sebutan efek rumah kaca. Efek rumah kaca terjadi secara alamiah untuk melindungi makhluk hidup di muka bumi agar nyaman. Tanpa efek rumah kaca, suhu rata-rata bumi berkisar minus 19°C atau 19°C di bawah suhu air yang membeku (es). Secara alami, GRK berasal dari respirasi tumbuhan, pelapukan bahan organik, aktivitas gunung berapi dan sebagainya. Secara alami, GRK merupakan bagian dari atmosfer bumi yang berfungsi menyerap radiasi matahari dan melepaskan energi yang terserap tersebut ke atmosfer.

Menurut konvensi PBB mengenai Perubahan Iklim (UNFCCC), ada 6 jenis gas yang digolongkan sebagai Gas Rumah Kaca (GRK), yaitu: Karbondioksida (CO₂), Nitrogenoksida (N₂O), Metana (CH₄), Sulfurheksaflorida (SF₆), Perflorokarbon (PFCs), dan Hidroflorokarbon (HFCs) (Killeen 1996). Sumber utama GRK dari sektor pertanian terdiri atas CO₂, N₂O dan CH₄. Gas CO₂ diserap dari atmosfer melalui proses fotosintesis dan dilepaskan melalui respirasi, dekomposisi, dan pembakaran bahan organik. Gas

N_2O diemisikan sebagai efek samping proses nitrifikasi dan denitrifikasi, sedangkan gas CH_4 diemisikan melalui proses metanogenesis pada kondisi anaerob dalam tanah, penyimpanan pupuk kandang melalui proses *enteric fermentation*, dan akibat pembakaran bahan organik tidak sempurna. Gas lain yang dihasilkan pada proses pembakaran adalah NO_2 , NH_3 , NMVOC dan CO yang disebut emisi tidak langsung. Gas-gas tersebut merupakan pemicu (*precursor*) dalam pembentukan GRK di atmosfer. Emisi tidak langsung juga terjadi dari proses pencucian atau aliran permukaan yang membawa senyawa nitrogen, terutama NO_3 yang kemudian dapat dikonversi menjadi N_2O melalui proses denitrifikasi.

Sektor pertanian merupakan salah satu sektor yang berperan sebagai penyumbang emisi Gas Rumah Kaca (GRK) (Surmaini et al., 2011). Beberapa kategori sumber emisi dari sektor pertanian antara lain: budidaya konvensional, peternakan, pembakaran biomassa residu pertanian, aplikasi kapur pertanian dan pupuk urea pada lahan pertanian, emisi dinitrogen oksida (N_2O) langsung dan tidak langsung dari tanah terkelola. Selain sebagai penyumbang, sektor pertanian berperan dalam upaya penurunan emisi gas rumah kaca. Upaya untuk menekan

meningkatnya pemanasan global dan perubahan iklim sangat mendesak dan penting dilakukan, jika upaya mitigasi tidak dilakukan maksimal yang mengakibatkan peningkatan suhu udara tidak dapat ditekan maka dapat berdampak lebih luas ke segala aspek kehidupan manusia.

B. Dampak Perubahan Iklim terhadap Sub Sektor Hortikultura

Hortikultura merupakan salah satu komoditas pertanian andalan yang sangat rentan terhadap perubahan iklim. Peningkatan dan penurunan curah hujan, suhu dan kelembapan, kecepatan angin sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman hortikultura. Salah satu faktor penting yang menjadi pembatas dalam pengembangan hortikultura adalah faktor keterbatasan air yang erat kaitannya dengan jumlah dan distribusi curah hujan pada suatu wilayah. Curah hujan yang rendah atau distribusi hujan yang tidak merata menyebabkan terjadinya defisit air atau kekeringan fisiologis yang berdampak negatif terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman hortikultura. Keterbatasan air akan meningkatkan induksi bunga, sehingga akan meningkatkan produksi pada musim tersebut. Namun imbas dari meningkatnya produksi yang “tidak wajar” pada musim kemarau akan menyebabkan produksi musim

berikutnya turun drastis. Pergeseran musim kemarau ke musim hujan yang tidak teratur akan menyebabkan perubahan musim berbunga di suatu lokasi menjadi berubah, sehingga pola musim panen buah berubah.

Perubahan iklim merupakan hal yang alami, karena adanya keragaman proses kosmologi dan geologi. Perubahan iklim mengacu pada perubahan tambahan yang cepat karena tindakan manusia, yang dapat menghancurkan dasar kehidupan di dunia. Perubahan iklim seperti fenomena banjir dan kekeringan serta terjadinya perubahan pola hujan, fluktuasi suhu dan kelembaban udara dapat memengaruhi usahatani hortikultura yang dampaknya berakibat pada gagal panen dan menurunkan produksi komoditas hortikultura. Kekeringan dapat mengurangi luas tanam dan luas panen, menurunkan hasil produksi utamanya pada tanaman hortikultura yang membutuhkan banyak air khususnya seperti beberapa komoditas sayuran. Ketersediaan air dalam hal ini erat kaitannya dengan jumlah dan distribusi curah hujan yang ada di suatu wilayah. Curah hujan rendah serta distribusi hujan yang tidak merata dalam jangka waktu tertentu dapat menyebabkan defisit air pada area pertanaman dan terjadinya kekeringan fisiologis yang kurang baik bagi pertumbuhan tanaman.

Curah hujan ekstrem pada satu musim tertentu juga berimbas buruk pada tanaman sayuran (cabai, bawang merah), yang memiliki pengaruh langsung yaitu menimbulkan kerusakan dan tanaman muda mati, sedangkan secara tidak langsung memicu serangan OPT terutama penyakit dari golongan cendawan (*Antaknosa*, Layu *Fusarium*) dan bakteri (Layu bakteri), sehingga produktivitas rendah sekitar 20-25%, bahkan gagal panen ditambah lagi produksi benih sayuran turun sekitar 50%. Kejadian La Nina atau curah hujan hampir sepanjang tahun selama tahun 2010 menyebabkan anjloknya produksi beberapa komoditas hortikultura baik kuantitas maupun kualitas seperti mangga, apel, pisang dan jeruk turun produksinya 20-25%, manggis turun 15-20%, beberapa jenis sayuran turun 20-25%.

Cabai merah merupakan salah satu komoditas strategis hortikultura yang mengendalikan inflasi dan sangat peka terhadap perubahan iklim. Peningkatan curah hujan menyebabkan produksi cabai menurun dan kualitas produk menjadi kurang berkualitas, sehingga terjadi kelangkaan komoditas (Maulidah *et al.* 2012; Naura dan Riana, 2018). Secara normal, terjadinya penurunan produksi menyebabkan ketidakseimbangan antara produksi dengan kebutuhan pasar sehingga harga cabai meningkat.

Tanaman cabai yang ditanam pada lahan terbuka selain sangat peka terhadap anomali curah hujan (kekeringan dan banjir), juga peka terhadap suhu dan radiasi. Pada kondisi curah hujan tinggi tanaman cabai sangat peka terhadap wabah penyakit antraknosa dan *Phytophthora* dan berdampak terhadap penurunan hasil cabai. Kondisi iklim ekstrim seperti suhu dan intensitas curah hujan tinggi serta kekeringan sebagai dampak perubahan iklim merupakan penyebab utama penurunan produksi cabai.

C. Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Perkembangan OPT

Peningkatan emisi gas rumah kaca diketahui telah menimbulkan adanya pemanasan global. Perubahan iklim karena pemanasan global (*global warming*) telah mengubah kondisi iklim global, regional, maupun lokal. Hal ini karena iklim merupakan unsur utama yang berpengaruh dalam sistem metabolisme dan fisiologi tanaman, maka perubahan iklim global akan berdampak buruk terhadap keberlanjutan ketahanan tanaman. Perubahan iklim global akan mempengaruhi setidaknya tiga unsur iklim dan komponen alam yang sangat erat kaitannya dengan pertanian, yaitu : (a) naiknya suhu udara yang juga berdampak terhadap unsur iklim lain, terutama kelembaban dan dinamika atmosfer, (b) berubahnya pola curah hujan, (c) makin meningkatnya intensitas

kejadian iklim ekstrim (anomali iklim) seperti El- Nino dan La-Nina, dan (d) naiknya permukaan air laut akibat pencairan gunung es di kutub. Pemanasan global juga dapat menyebabkan peningkatan intensitas kejadian iklim ekstrim (el-nino dan la-nina) dan ketidakteraturan musim.

Sektor Hortikultura merupakan salah satu sektor yang sangat rentan terhadap perubahan iklim yang berdampak pada produktivitas tanaman dan pendapatan petani. Dampak tersebut bisa secara langsung maupun tidak langsung melalui serangan OPT, fluktuasi suhu dan kelembaban udara yang semakin meningkat yang mampu menstimulasi pertumbuhan dan perkembangan OPT merupakan beberapa pengaruh perubahan iklim yang berdampak buruk terhadap pertanian di Indonesia (Iwantoro, 2008).

Organisme pengganggu tumbuhan secara garis besar dibagi menjadi tiga yaitu hama, penyakit dan gulma. Hama menimbulkan gangguan tanaman secara fisik, dapat disebabkan oleh serangga, tungau, vertebrata, moluska, sedangkan penyakit menimbulkan gangguan fisiologis pada tanaman, disebabkan oleh cendawan, bakteri, fitoplasma, virus, nematoda dan tumbuhan tingkat tinggi. Perkembangan hama dan penyakit sangat

dipengaruhi oleh dinamika faktor iklim, sehingga tidak heran kalau pada musim hujan dunia pertanian banyak disibukkan oleh masalah penyakit tanaman, sementara pada musim kemarau banyak masalah hama.

Pengaruh perubahan iklim terhadap populasi OPT sulit diprediksi, karena adanya keseimbangan antara OPT dengan tanaman inangnya (host) serta musuh alaminya. Namun secara umum dapat digeneralisasi sebagai berikut: 1) Tanaman yang mengalami tekanan/stress karena perubahan iklim lebih rentan terhadap serangan OPT; 2) Serangga hama dan mikroba termofilik (menyukai kondisi panas) lebih diuntungkan dengan makin panjangnya musim panas/kemarau dan meningkatnya temperatur, 3) Organisme yang saat ini bukan sebagai OPT suatu saat dapat menjadi OPT; 4) OPT dapat berekspansi ke wilayah lain, hama dan penyakit tanaman bersifat dinamis dan perkembangannya dipengaruhi oleh lingkungan biotik (fase pertumbuhan tanaman, populasi organisme lain, dan lain-lain) dan abiotik (iklim, musim, agroekosistem, dan lain-lain). Pada dasarnya semua organisme dalam keadaan seimbang (terkendali) jika tidak terganggu keseimbangan ekologisnya.

Perubahan iklim, stadia tanaman, budidaya, pola tanam, keberadaan musuh alami, dan cara pengendalian mempengaruhi dinamika perkembangan hama dan penyakit.

D. Pengaruh Iklim Terhadap Perkembangan Hama

Beberapa dampak yang disebabkan karena perubahan iklim terhadap perkembangan hama tanaman antara lain sebagai berikut :

1. Terganggunya keseimbangan antara populasi hama, musuh alami dan tanaman inangnya.
2. Pengaruh secara langsung maupun tidak langsung terhadap insect survival, perkembangan, daerah sebar dan dinamika populasi.
3. Gangguan sinkronisasi antara tanaman inang dan perkembangan serangga hama terutama pada musim penghujan/dingin, peningkatan temperatur akan lebih mendukung perkembangan serangga hama dan daya hidup serangga hama pada musim dingin/penghujan.
4. Temperatur yang meningkat dapat menyebabkan serangga hama yang semula hidup di belahan selatan bumi dapat

melakukan invasi ke belahan utara bumi (contoh: kumbang pinus).

5. Meningkatnya kadar CO₂ udara dapat menurunkan kualitas pakan serangga pemakan tumbuhan, sebagai akibat dari meningkatnya kadar nitrogen pada daun sehingga berakibat pada melambatnya perkembangan serangga (Coviella & Trumble, 1999).
6. Perubahan iklim dapat menyebabkan perubahan fenologi dan kisaran inang serangga.

E. Pengaruh Iklim terhadap Perkembangan Penyakit

Beberapa dampak yang disebabkan karena perubahan iklim terhadap perkembangan penyakit tanaman adalah sebagai berikut :

1. Musim panas/kemarau yang lebih panas akan menguntungkan patogen termofilik.
2. Akibat peningkatan temperatur, distribusi geografis serangga vektor penyakit tanaman menjadi meluas sehingga memperluas insidensi penyakit.
3. Meningkatnya temperatur diketahui telah meningkatkan serangan *Phytophthora cinnamomi*, penyebab penyakit busuk

akar dan pangkal batang pada tanaman berdaun lebar dan konifer.

4. Kekeringan yang terjadi pada musim kemarau dapat meningkatkan serangan jamur penyebab penyakit yang sangat tergantung tekanan/stress yang dialami inangnya.
5. Berkurangnya hari hujan diperkirakan dapat menurunkan serangan patogen yang menyerang daun.
6. Peningkatan konsentrasi CO₂ di udara mengakibatkan meningkatnya fekunditas dan agresiveness patogen (Coakley et al., 1999).
7. Beberapa hasil penelitian menunjukkan setiap peningkatan suhu sebesar 1°C dapat mempercepat terjadinya penyakit hawar daun kentang (4-7 hari lebih cepat).

III. ADAPTASI DAN MITIGASI GRK SUB SEKTOR HORTIKULTURA

Peningkatan Gas Rumah Kaca yang mengakibatkan perubahan iklim menjadi tantangan bagi sektor pertanian khususnya sub sektor hortikultura. Penanganan dampak perubahan iklim memerlukan kerjasama serta peran aktif berbagai pihak melalui upaya adaptasi dan mitigasi. (Surmaini, Elza, dkk. 2010)

Upaya adaptasi dilakukan sebagai upaya dalam penyesuaian menghadapi dampak perubahan iklim yang mengakibatkan produksi pertanian tidak maksimal. Teknologi adaptasi meliputi penyesuaian waktu tanam, penggunaan varietas unggul tahan kekeringan, rendaman dan salinitas serta pengembangan pengelolaan air. (Surmaini, Elza, dkk. 2010)

Upaya Mitigasi yang dapat dilakukan terhadap sub sektor hortikultura

1. Pengembangan Kawasan Kebun Pekarangan dengan tanaman kelapa, kopi mangga, lengkung dll untuk perbanyak penyerapan CO₂ dan mengurangi pemanasan global

2. Rehabilitasi Lahan-lahan Kritis dalam rangka mengurangi pemanasan global dengan tanaman buah-buahan: durian, mangga, nangka, manggis, rambutan, pisang, matoa, sukun, dll dan tanaman perkebunan: kopi, kakao, pala, kelapa dll yang relatif tahan kekeringan sebagai sumber nutrisi dan peningkatan ekonomi
3. Mengurangi *food losses*. *Food losses* mengurangi efisiensi dan meningkatkan emisi gas rumah kaca terutama gas metan (CH₄)
4. Bimbingan teknis Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim

IV. SUMBER EMISI SUB SEKTOR HORTIKULTURA

Emisi CO₂ akibat pemupukan urea

Aplikasi pupuk urea pada lahan pertanian berpotensi menghasilkan emisi CO₂. Emisi CO₂ terjadi karena urea berubah menjadi ammonium (NH₄⁺), ion hidroksil (OH⁻), dan bikarbonat (HCO₃⁻) apabila bertemu dengan air dan enzim urease. Proses ini hampir sama dengan penambahan kapur di tanah, dimana bikarbonat yang terbentuk berubah menjadi CO₂ dan air. Emisi CO₂ yang berasal dari aplikasi pupuk urea bervariasi tergantung pada praktek manajemen budidayanya (Iqbal et al. 2009).

Beberapa sumber N yang menyebabkan emisi langsung N₂O:

1. N dari pupuk Urea, ZA dan NPK (pupuk buatan)
2. N dari bahan atau pupuk organik (pukan, kompos)
3. N dari sisa tanaman
4. N dari mineralisasi yang berhubungan dengan BO tanah

Emisi N₂O tidak langsung dari tanah yang dikelola merupakan N₂O yang dihasilkan karena perpindahan N sistem pertanian ke dalam tanah dan permukaan air melalui drainase dan aliran permukaan, yang teremisi sebagai amonia atau oksida nitrogen yang terdeposisi dan menyebabkan produksi N₂O.

Beberapa sumber N dari emisi N₂O tidak langsung:

1. Jumlah N dari pupuk Urea, ZA dan NPK (pupuk buatan)
2. Jumlah N dari bahan atau pupuk organik (pukan, kompos)
3. Jumlah N dari sisa tanaman
4. Jumlah mineralisasi N yang berhubungan dengan hilangnya BO tanah

V. BUDIDAYA KOMODITAS CABAI (KONVENSIONAL DAN RAMAH LINGKUNGAN)

Cabai merupakan salah satu komoditas strategis yang memiliki nilai ekonomi penting di Indonesia. Hal tersebut dapat dirasakan saat fluktuasi harganya mempengaruhi inflasi. Untuk menopang kebutuhan nasional diperlukan peningkatan produktivitas cabai dan ketersediaan lahan yang cukup luas. Namun kebutuhan yang tinggi terhadap cabai tersebut tidak diiringi dengan kontinuitas lahan agar tetap produktif. Hal tersebut disebabkan pemakaian pupuk anorganik atau kimia yang cukup tinggi dan pestisida kimia sintetik dengan dosis yang tidak sesuai rekomendasi sehingga menurunkan kualitas lahan dan produksi cabai.

Pemakaian pupuk anorganik dan pestisida kimia sintetik yang cukup tinggi akan menyebabkan kerusakan struktur kimia dan biologi tanah. Mutu tanah pertanian ditentukan antara lain oleh kandungan bahan organik tanah. Berbagai hasil penelitian juga mengindikasikan bahwa sebagian besar lahan mengalami degradasi yang disebabkan oleh penggunaan pupuk anorganik atau sintetis secara terus menerus. Dengan latar belakang

tersebut, secara tidak langsung turut mempengaruhi kadar pelepasan gas rumah kaca dari lahan ke atmosfer.

Oleh karena itu Direktorat Perlindungan Hortikultura melakukan pengukuran konsentrasi gas rumah kaca pada beberapa lahan cabai di Pulau Jawa. Dengan mengetahui kadar konsentrasi gas rumah kaca di lahan cabai baik pada lahan yang teraplikasi pupuk anorganik maupun organik maka petani memiliki landasan yang kuat untuk menerapkan teknologi ramah lingkungan di lahannya. Teknologi ramah lingkungan tersebut antara lain pemakaian pupuk organik yang sesuai rekomendasi pemerintah sehingga dapat meningkatkan produktivitas cabai dan keberlangsungan lahan.

VI. TEKNIK PENGUKURAN EMISI GRK

A. Bahan dan Alat yang Digunakan

Pengukuran emisi GRK dengan menggunakan *close chamber technique* (IAEA,1993).

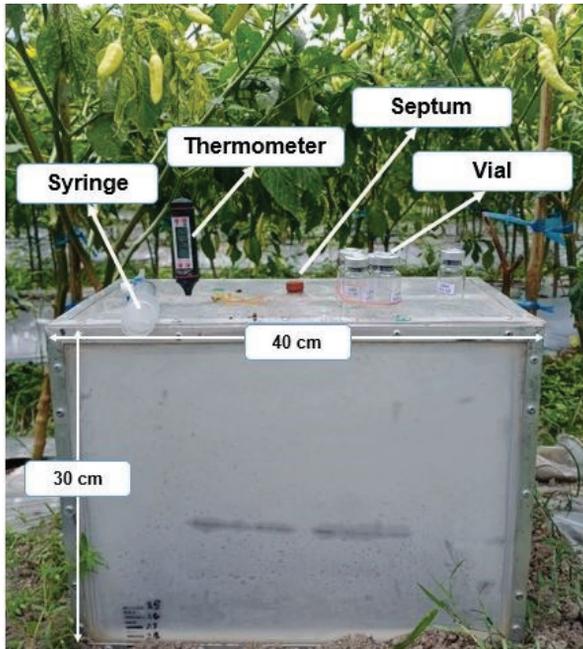
Alat yang digunakan antara lain;

- a. Sungkup terbuat dari polycarbonate dengan kerangka dan penampang terbuat dari aluminium. Ukuran sungkup 40 cm x 20 cm x 39 cm berfungsi untuk menangkap contoh gas CO₂ dan N₂O.

Bagian-bagiannya adalah :

- Headspace, berfungsi untuk mengetahui tinggi ruang udara pada sungkup.
 - Pada bagian atas sungkup dilengkapi dengan lubang yang ditutup dengan septum untuk mengambil contoh gas serta lubang untuk tempat termometer.
- b. vial
 - c. Syringe/Jarum suntik
 - d. Three way stop cock
 - e. Septum

- f. Vacuum pump
- g. termometer



Gambar 2. Alat-alat Pengukuran GRK (Santoso, 2022)

B. Langkah-langkah Pengambilan Sampel Emisi GRK

- **Prosedur Pengambilan Sampel**

1. Waktu pengambilan terbaik adalah pagi hari (06.00-08.00), namun pengambilan juga dapat dilakukan pada siang (12.00) atau sore hari.
2. Chamber/sungkup diatur pada posisi rata dan terjaga agar gas yang tertampung dalam sungkup tidak bocor.
3. Sungkup diletakkan diantara tanaman dengan pemilihan titik yang dapat mewakili lahan
4. Termometer dipasang pada lubang yang ada pada bagian atas sungkup.
5. Sebelum pengambilan contoh gas, penutup karet (septum) pada tempat pengambilan sampel udara di buka \pm 2-3 menit agar konsentrasi udara dalam sungkup menjadi stabil.
6. Lakukan pengambilan dengan syringe secara perlahan (2-3 kali suntikan/injek) agar gas yang diambil homogen
7. Masukkan sampel gas ke dalam vial sesuai dengan waktu pengambilan dan kode perlakuannya

8. Simpan vial di tempat sejuk, kemudian dibawa ke laboratorium untuk dianalisa

- **Interval Pengambilan Sampel di Lahan Bawang Merah**

Interval waktu pengambilan yakni 10, 20, 30, 40, 50 menit.

Pengambilan paling minimal 4 kali selama budidaya Cabai, yakni:

1. Sebelum tanam (setelah olah tanah) 7-15 hari sebelum tanam,
 2. Pertumbuhan (0-30 HST),
 3. Pertumbuhan (30-60 HST),
 4. Setelah panen (60-70+ HST),
- Pengambilan terbaik dilakukan setiap 1 minggu sekali

C. Perhitungan Emisi GRK

$$E = \frac{dc}{dt} \times \frac{V_{ch}}{A_{ch}} \times \frac{mW}{mV} \times \frac{273.2}{(273.2 + T)}$$

E : Emisi gas CH₄, CO₂ Dan N₂O (mg/m²/hari)

dc/dt : Perbedaan [CH₄ CO₂ dan N₂O] per waktu (ppm/menit)

V_{ch} : Volume boks (m³)

A_{ch} : Luas boks (m²)

mW : Berat molekul CH₄ , CO₂ , N₂O(g)

mV : Tetapan volume molekul gas (22.41 l)

T : Suhu rata-rata selama pengambilan sampel (°C)

Nilai 273.2 : Tetapan suhu kelvin

D. Lokasi dan Waktu Pengambilan Sampel

Lokasi pengukuran GRK ini adalah di Kelompok tani Moro Seneng Dusun Blimbingan Desa Mororejo Kecamatan Tempel Kabupaten Sleman dan mengambil 2 (dua) titik lokasi yaitu lahan cabai ramah lingkungan dan lahan cabai konvensional. Waktu pengambilan sampel dilakukan sebanyak dua kali, yaitu saat pagi hari saat matahari terbit (pukul 06.00) dan siang hari saat matahari berada di puncaknya (pukul 12.00).

D. 1 Budidaya yang dilakukan dalam lahan yang dilakukan pengukuran Gas Rumah Kaca (GRK) di Kabupaten Sleman

D.1.1 Lahan Ramah Lingkungan

- a. Pemilik lahan Bapak Supriya Raharja
- b. Varietas Cabai rawit merah yang ditanam adalah Varietas Ori
- c. Sebelum pengolahan I, tanah dibajak (diratakan) kemudian direndam air selama 2 minggu terus diberi EM 4 dan tetes tebu.
- d. Pada saat pengolahan I tanah diberi kotoran sapi yang sudah terfermentasi sempurna dan kapur pertanian sebanyak 360 kg dan pada saat sudah ada bedengan diberi kapur pertanian lagi sebanyak 690 kg.
- e. Pada saat awal tanam diberi bakteri subtilis dan pseudomonas fluorescens yang diberikan secara dikocor, dengan perbandingan 1 : 1, kemudian diberi PGPR pada saat tanaman berumur 5 hst yang diberikan secara dikocor.

- f. Pada saat pembenihan benih direndam terlebih dahulu dengan bakteri subtilis.
- g. Pada saat tanaman berumur 15 hst dikocor lagi dengan bakteri subtilis dan pseudomonas fluorescens, trichoderma dan pupuk organik cair (POC) dari urin kelinci.
- h. Pada saat tanaman berumur 25 hst diberi bakteri subtilis, pseudomonas fluorescens, POC yang diberikan secara dikocor.
- i. Pada saat tanaman berumur 35 hst (fase generatif) diberi bakteri subtilis dan pseudomonas fluorescens yang diberikan dengan menggunakan sprayer.
- j. Pada saat tanaman berumur ≥ 35 hst pemberian bahan pengendali hayati dilakukan dengan melihat kondisi tanaman cabai.
- k. Pada kondisi normal (tidak banyak angin) tanaman cabai dapat dipanen sampai ≥ 50 kali. Dimana dalam 1 kali panen rata-rata bisa mencapai 37 kg. Puncak produksi pada panen yang ke 13-15.

- i. Pengendalian OPT ramah lingkungan untuk Virus kuning dikendalikan dengan penyemprotan ramuan yang terdiri dari bumbu masak 1 sdm dan susu kental manis 2 sachet, kemudian dilarutkan dengan air sampai 16 liter (1 tangki sprayer).
- m. Penyakit Antraknosa (Patek) dikendalikan dengan penyemprotan ramuan yang terdiri dari belerang 1 kg, kapur bakar 2 kg, sabun colek 2 sachet, dan air 20 liter direbus sampai matang (warna coklat) Dosis untuk 1 tangki air ditambah dengan ramuan sebanyak 200 ml.
- n. Busuk batang dikendalikan dengan ramuan jadam sulfur yang terdiri dari belerang tepung 1 kg, NaOH 1 kg, garam grosok 2 sdm, tanah liat (ziolit) 2 sdm, dan 6 liter air. Dosis 2-5 ml per 1 liter air.
- o. Pada saat tanaman berumur 35 hst memasuki masa generatif (mulai bercabang) diberi pupuk ZK dengan dosis sedikit sekali.

D.1.2 Lahan Konvensional

- a. Varietas Cabai rawit yang ditanam adalah Varietas ori 212
- b. Pada saat pengolahan tanah diberikan pupuk 20 kg, NPK 10 kg, pupuk kandang ± 2 ton (pupuk kotoran sapi) per lubang tanam 1 genggam, dolomit (kapur pertanian) 200 kg.
- c. Sisa tanaman selesai panen ditumpuk, jika ingin cepat tanam lagi sisa tanaman dibakar.
- d. Pola tanam padi-cabai-cabai-sayuran.
- e. Pemberian pupuk : TSP 10 kg dan Phoska 10 kg.
- f. Untuk pengendalian OPT menggunakan pestisida antara lain abamectin.

D.2 Metode Pengambilan Sampel pada lahan budidaya cabai ramah lingkungan dan konvensional di kabupaten sleman.



Gambar 3. Pengambilan sampel emisi GRK pada lahan budidaya Cabai

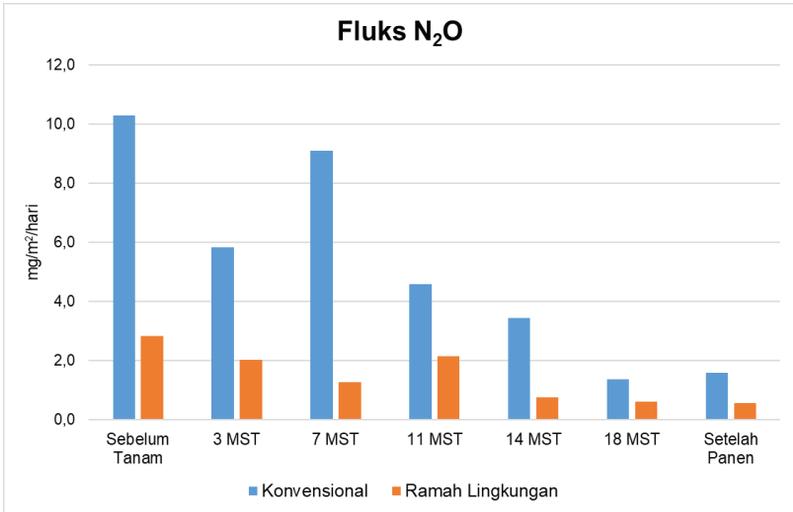
- D.2.1 Pengukuran emisi gas rumah kaca N_2O dan CO_2 akan dilakukan sebanyak 7 kali yaitu pada saat sebelum tanam, 15 HST, 30 HST, 45 HST, 60 HST, 75, dan 90 HST.
- D.2.2 Tahapan pengukuran Emisi GRK dengan ulangan sebanyak 3 titik dan dilakukan dengan mengambil sampel gas yang terperangkap di dalam chamber yang dipasang, sebanyak 5 kali setiap 10 menit sekali yaitu pada menit ke 10, 20, 30, 40 dan 50 menit. Pengambilan sampel gas, pemasangan chamber, dilakukan di tiga titik pengamatan pada setiap lokasi, baik pada lahan cabai rawit ramah lingkungan

maupun konvesional. Pemasangan thermometer dan jarum suntik (syringe) yang dilengkapi kran syringe. Pengukuran suhu dan pengambilan sampel emisi gas dilakukan pada setiap interval waktu 10, 20, 30, 40, dan 50 menit. Pengambilan Sampel gas yang terperangkap di dalam chamber dengan bantuan syringe. Gas disedot sebanyak 20 ml, kran syringe dikunci agar tidak bocor dan gas dipindahkan ke dalam vial.

VII. HASIL PENGUKURAN GRK PADA CABAI DI KABUPATEN SLEMAN

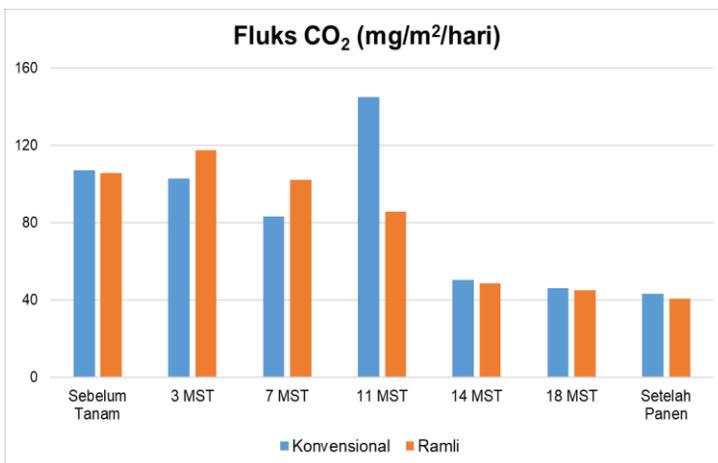
A. Hasil Pengukuran GRK Cabai di Kab. Sleman (N_2O)

Pengambilan ke-...	Fluks N_2O ($mg/m^2/hari$)	
	Konvensional	Ramah Lingkungan
I	10,29	2,83
II	5,82	2,01
III	9,09	1,26
IV	4,58	2,15
V	3,43	0,74
VI	1,37	0,61
VII	1,59	0,55
Rata-rata Total	5,17	1,45
Total Emisi ($kg N_2O/ha/th$)	18,86	5,29

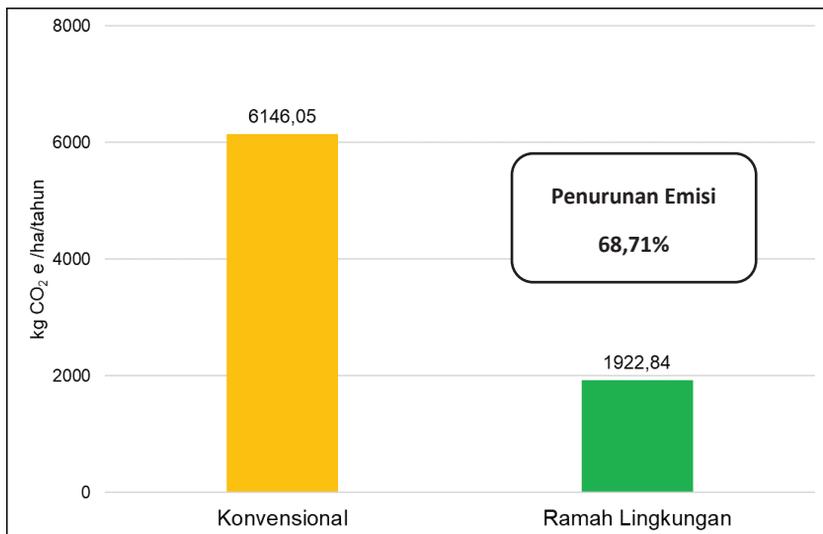


B. Hasil Pengukuran GRK Cabai di Kab. Seleman (CO₂)

Pengambilan ke-...	Fluks CO ₂ (mg/m ² /hari)	
	Konvensional	Ramah Lingkungan
I	107,14	105,62
II	102,73	117,59
III	83,13	102,24
IV	144,83	85,62
V	50,25	48,57
VI	46,10	44,83
VII	43,09	40,54
Rata-rata	82,47	77,86
Total Emisi (kg CO₂/ha/th)	301,0	284,18



C. Global Warming Potential (GWP) pada Cabai di Kabupaten Sleman



Berdasarkan tabel dan grafik hasil pengukuran emisi gas rumah kaca (GRK) pada lahan budidaya cabai di kabupaten sleman, antara lahan konvensional dan budidaya ramah lingkungan menunjukkan bahwa adanya perbedaan yang nyata terhadap emisi gas N₂O dan CO₂ yang dihasilkan, dimana Total Emisi (kg N₂O/ha/th) budidaya cabai konvensional sebesar 18,86 (kg N₂O/ha/th) sedangkan Ramah lingkungan hanya sebesar 5,29 (kg N₂O/ha/th), begitupun dengan Total Emisi (kg CO₂/ha/th) budidaya cabai konvensional sebesar 301,0 (kg CO₂/ha/th)

sedangkan Ramah lingkungan hanya sebesar 284,18 (kg CO₂/ha/th).

Dengan demikian nilai *Global Warming Potensial* (GWP) pada lahan budidaya cabai secara ramah lingkungan mampu menekan potensi lepasnya emisi gas N₂O dan CO₂ ke atmosfer sebesar 68,71 % dibandingkan terhadap budidaya cabai secara konvensional.

VIII. PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Perubahan iklim yang terjadi akibat pemanasan global disebabkan oleh peningkatan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang berlangsung dalam jangka waktu lama. Emisi GRK adalah lepasnya gas-gas yang mempunyai efek rumah kaca pada suatu area ke atmosfer dalam jangka waktu tertentu, baik yang disebabkan oleh proses alamiah dan biologi maupun proses kimia dan fisika akibat aktivitas manusia, termasuk pertanian.
2. Peningkatan emisi GRK secara langsung akan meningkatkan konsentrasi GRK di atmosfer yang menyebabkan pemanasan global akibat efek rumah kaca atau terhalangnya panas (*heat*) atau radiasi gelombang panjang ke luar atau ke atmosfer oleh GRK.
3. Strategi antisipasi dilakukan dengan melakukan pengkajian terhadap perubahan iklim untuk meminimalkan dampak negatifnya terhadap sektor pertanian.

4. Adaptasi merupakan tindakan penyesuaian sistem alam dan sosial untuk menghadapi dampak negatif perubahan iklim. Upaya tersebut akan bermanfaat dan lebih efektif bila laju perubahan iklim tidak melebihi kemampuan upaya adaptasi. Perlu diimbangi dengan upaya mitigasi, yaitu mengurangi sumber maupun peningkatan rosot (penyerap) GRK.
5. Perubahan perilaku curah hujan yang menyebabkan pergeseran musim kemarau dan hujan menyebabkan pola tanam padi saat ini tidak sesuai lagi seperti pada masa-masa lalu.

B. Tindak Lanjut

1. Pada kondisi iklim ekstrem kering, ketersediaan air irigasi menjadi terbatas sehingga menyebabkan produksi menurun karena puso. Pada musim hujan yang ekstrim basah, dimana terjadi genangan banjir juga akan menurunkan produksi. Oleh karena itu, prediksi curah hujan yang akurat yang dan sosialisasi pergeseran musim tanam di waktu yang tepat sangat dibutuhkan untuk

meminimalisir kegagalan panen akibat dampak perubahan iklim.

2. Mitigasi perubahan iklim yang bertujuan untuk mengurangi emisi GRK dari lahan pertanian dapat dilakukan melalui penggunaan varietas rendah emisi, penggunaan pupuk organik, serta penyesuaian teknik budidaya melalui pengelolaan air dan lahan.
3. Meningkatkan konsolidasi dan koordinasi antar stakeholder atas penyebab maupun dampaknya bagi manusia dan lingkungan. Khusus kepada petani, peranan asuransi pertanian perlu lebih disosialisasikan lagi dalam upaya menghindari kerugian petani karena kegagalan panen akibat perubahan iklim baik karena kekeringan maupun serangan hama penyakit.
4. Perlu dikembangkan terus teknologi pengelolaan air yang adaptif terhadap perubahan iklim (teknologi hemat air seperti irigasi tetes, sumur renteng, dan sistem gilir giring), pembuatan embung dan dam parit.

5. Pengembangan Pekarangan Pangan Lestari (P2L) untuk mewujudkan kemandirian pangan melalui pemanfaatan pekarangan dan diversifikasi pangan berbasis sumberdaya lokal.

DAFTAR BACAAN

- Annisa, W., Pramono, A., Harsanti, E. S., Susilawati, H. L., Santoso, A. A., Yulianingsih, E., & Yuniarti, I. F. (2021). *Pengelolaan Lingkungan Pertanian Menuju Pertanian Berkelanjutan*. Pati: Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Direktorat Pengelolaan Air. (2019). *Pedoman Umum Sekolah Lapang Iklim*. Departemen Pertanian.
- Faqih, A., & Boer, R. (2013). Fenomena Perubahan Iklim Indonesia. In *Politik Pembangunan Pertanian Menghadapi Perubahan Iklim* (pp. 11-28). IARDD Press.
- Hidayati, I. N., & Suryanto. (2015). Pengaruh Perubahan Iklim terhadap Produksi Pertanian dan strategi Adaptasi pada lahan Rawan Kekeringan. *Jurnal Ekonomi dan Study Pembangunan*.
- IPCC. (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K, editors. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Hayama: Institute for Global Environmental Strategies (IGES)*.

- IPCC. (2007). *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)]. *Newyork : Cambridge University Press.*
- Kusnanto, H. (2011). *Adaptasi terhadap Perubahan Iklim. Edisi Pertama.* Yogyakarta: Pusat Studi Lingkungan Hidup, UGM, .
- Lestari, F., & Nurlaili, R. (2019). Kajian Persepsi Petani terhadap Teknologi Budidaya Cabai Rawit Ramah Lingkungan dari Persemaian dengan Soil Block di Kab. Temanggung. *Prosiding Konser Karya Ilmiah Nasional* (pp. Hal: 111-118). Fakultas Pertanian dan Bisnis Universitas Kristen Satya Wacana.
- Naqvi, S., & Sejian, V. (2011). Global CLimate Change: Role of Livestock. *Asian Journal of Agricultural Science, 19-25.*
- Polli, M., Sondakh, T., Raintung, J., Doodoh, B., & T, T. (2019). Kajian Teknik Budidaya Tanaman Cabai (*Capsicum Annum L.*) Kab. Minahasa Tenggara. *Eugenia 25 (3):73-77.*
- Smith, P., & Olessen, J. E. (2010). Synergies Between The Mitigation of, and Adaptation to, CLimate Change in Agriculture. *Journal Of Agricultural Sciernce. Vol. 148: 543-522.*

Surmaini, E., Runtunuwu, E., & Las, I. (2011). Upaya Sektor Pertanian dalam Menghadapi Perubahan Iklim. *Jurnal Litbang Pertanian*, 30(1).

Suwandi, Sopha, GA, & Yufdy, M. (2015, September). Efektivitas Pengelolaan Pupuk Organik, NPK, dan Pupuk Hayati terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bawang Merah. *J. Hort. Vol. 25*.

Wahyudi, J. (2016). Mitigasi Emisi Gas Rumah Kaca. *Jurnal Litbang Vol. 12*, 104-112.



9 789795 822226