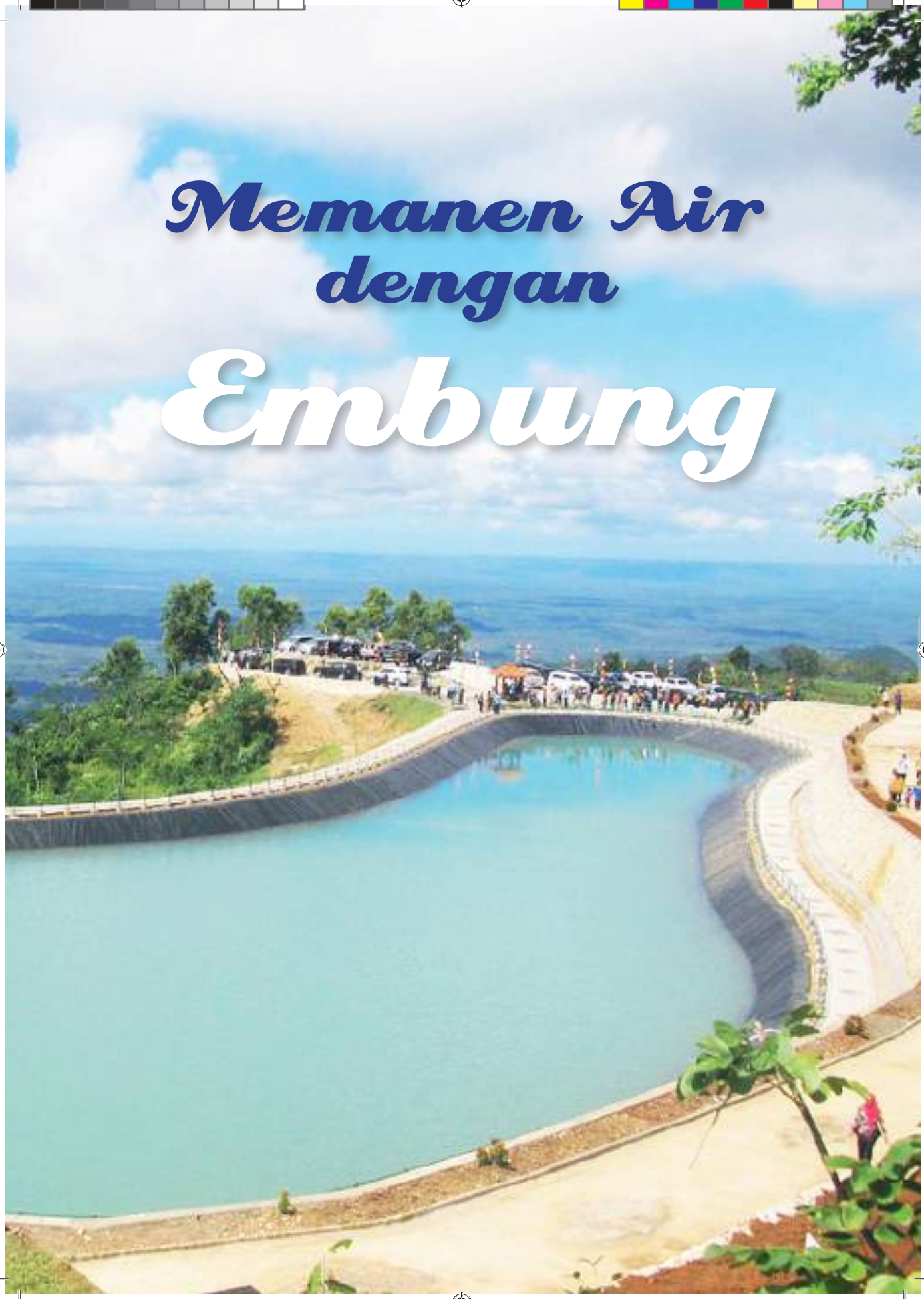
Memanen Air dengan Embung



Memanen Air dengan Embung

Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian
Kementerian Pertanian Republik Indonesia
2018

Memanen Air dengan Embung

Cetakan 2018
Hak cipta dilindungi undang-undang
© Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian
Kementerian Pertanian, 2018

Katalog dalam terbitan

PUSAT PERPUSTAKAAN DAN PENYEBARAN TEKNOLOGI PERTANIAN

Memanen air dengan embung/Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian.--Bogor: Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian, 2018.

viii, 104 hlm.: ill.; 25 cm

ISBN 978-602-322-028-1

1. Air 2. Embung
I. Judul

631.672.31

Diterbitkan Oleh:
Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian
Jalan Ir. H. Juanda No. 20, Bogor 16122
Telepon : +62 251 8321746
Faksimile : +62 251 8326561
E-mail : pustaka@pertanian.go.id
Homepage : www.pustaka.setjen.pertanian.go.id

Daftar Isi

Daftar Isi ..... **v**

Prakata ..... **vii**

Air Sumber Kehidupan **1**

A. Sumber Air 4

B. Penampung Air 8

C. Ragam Penampung Air 14

D. Kebutuhan Air Beragam Komoditas 15

Kenal Embung Lebih Dekat **19**

A. Ragam Embung 21

B. Embung dan Peningkatan Ekonomi 24





Bangun Embung **33**

A. Sebelum Pembuatan Embung 34

B. Tahapan Pembuatan Embung 42

C. Rancangan Embung 52

D. Pembangunan Embung 54

Manajemen Air Embung **59**

A. Konservasi Air 60

B. Manajemen Air 64

Agar Embung Lestari **67**

A. Masalah Embung 68

B. Perawatan Embung 70

Sukses Berkat Embung **79**

A. Embung dan Wisata 80

B. Embung dan Tanaman Buah 88

C. Embung dan Lahan Pertanian 90

D. Embung dan Pertanian Bioindustri 91

E. Embung Sumber Air Bersih 94

Ikhtisar **97**

Daftar Pustaka **102**

Prakata

Air adalah sumber kehidupan. Zat yang terdiri atas dua unsur hidrogen dan satu unsur oksigen itu amat vital bagi makhluk hidup. Sekitar 80—90% zat penyusun makhluk hidup pun berupa air.

Dilihat dari sudut pandang pertanian, kegiatan pertanian juga tak terlepas dari air. Proses fotosintesis memerlukan air dan sinar matahari untuk menghasilkan glukosa yang kemudian diolah menjadi energi. Karena itu, ketersediaan air amat vital.

Salah satu sumber air yang kurang termanfaatkan dan kerap terbuang adalah air hujan. Indonesia sebagai negara tropis memiliki curah hujan tinggi, rata-rata 2.000—3.000 mm per tahun. Jumlah itu kerap terbuang karena kurang optimalnya penampungan air. Andai setiap tetes air hujan itu termanfaatkan, tentu pengairan untuk pertanian bisa lebih optimal mengingat masih banyak daerah pertanian di Indonesia yang berupa lahan tadah hujan. Artinya, petani hanya bisa bercocok tanam ketika musim hujan.

Menurut data Kementerian Pertanian 2017, lahan tadah hujan di Indonesia mencapai 4-juta hektare. Menteri Pertanian, Dr. Ir. Andi Amran Sulaiman M.P., menyebutkan jika lahan tadah hujan itu dimanfaatkan lebih optimal lagi, hasil yang bisa diperoleh mencapai Rp100-triliun—Rp200-triliun, dengan asumsi petani bisa menanam 2—3 kali setahun. Sebelumnya petani di lahan tadah hujan hanya menanam satu kali setahun.

Salah satu kiat untuk mengoptimalkan air hujan adalah menampungnya dalam tandon-tandon air, agar bisa dipergunakan pada musim kemarau. Embung adalah salah satu teknologi yang bisa menjadi pilihan sebagai wadah penampung air. Tidak hanya air hujan, sumber air potensial lain seperti air sungai, air parit, suplesi air irigasi, hingga air dari mata air pun bisa ditampung di embung.

Dalam rangka menginformasikan pembuatan dan manfaat embung, Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian menyusun buku “Memanen Air dengan Embung”. Buku ini berisi informasi mengenai teknik pembangunan embung, perawatan embung, manajemen air embung, dan kisah sukses petani yang berhasil meningkatkan produksi pertaniannya berkat keberadaan embung. Boleh dibilang, teknologi embung merupakan upaya mendorong peningkatan produksi pertanian, terutama di lahan tadah hujan. Lebih lanjut, embung pun bisa dimanfaatkan sebagai tempat wisata selain fungsi utamanya sebagai sumber irigasi pertanian.***

Bogor, November 2018

Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian



Embung salah satu solusi penampungan air untuk sarana irigasi pertanian (Sumber: Pustaka-Kementan)



Air Sumber Kehidupan

Air adalah sumber kehidupan. Zat yang terdiri dari dua unsur hidrogen dan satu unsur oksigen itu amat vital bagi makhluk hidup. Sekitar 80—90% zat penyusun makhluk hidup adalah air.

Keberadaan air sangat penting bagi keberlangsungan hidup makhluk hidup, seperti manusia, hewan, dan tumbuhan. Bagi manusia, salah satu manfaat air adalah sebagai sarana transportasi di dalam tubuh untuk mengirimkan zat-zat gizi ke semua sel. Air juga penting untuk pencernaan, penyerapan, asimilasi, dan ekskresi. Tubuh manusia dapat bertahan sekitar 5 minggu tanpa makanan, tetapi hanya butuh 5 hari untuk bertahan tanpa air. Oleh karena itu, kebutuhan air bagi tubuh menjadi hal utama dalam keberlangsungan hidup manusia.

Air juga menjadi bagian penting dan terbesar dalam tubuh hewan. Air sangat dibutuhkan oleh hewan untuk berbagai keperluan seperti minum, pengaturan suhu tubuh, membantu proses pencernaan, dan produksi susu. Sementara tumbuhan juga sangat memerlukan air untuk kelangsungan hidupnya. Kekurangan air akan menyebabkan tanaman menjadi kerdil dan perkembangannya tidak normal. Kekurangan air yang terjadi terus-menerus selama periode pertumbuhan akan menyebabkan tanaman mati.



Sumber: Pustaka-Kementan

Air sangat dibutuhkan oleh hewan dalam berbagai keperluan seperti minum dan produksi susu

Bagi tumbuhan, air menjadi bahan dasar pada proses fotosintesis. Tanpa adanya air, proses fotosintesis tidak dapat berlangsung. Proses fotosintesis pada tanaman memerlukan cahaya matahari dan air untuk menghasilkan glukosa yang kemudian diolah menjadi energi. Energi itulah yang digunakan tanaman untuk tumbuh dan memproduksi bunga dan buah. Artinya, jika air tersedia, tanaman dapat berproduksi dengan baik. Oleh karena itu, ketersediaan air amat vital.



Sumber: Pustaka-Kementan

Tanaman memerlukan air untuk proses fotosintesis

A. Sumber Air

Berdasarkan jenisnya, air di permukaan bumi dibagi menjadi dua bagian, yaitu air asin dan air tawar. Air asin berada di lautan, disebut air asin karena rasanya memang asin dan kandungan garamnya tinggi. Itu sebabnya air laut dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan garam. Persentase air asin ini mencapai 97% dari ketersediaan air di bumi. Sementara air tawar jumlahnya merupakan sisa dari air laut, yaitu 3%. Air tawar biasanya digunakan untuk aktivitas mandi, mencuci, memasak, minum, serta keperluan lainnya bagi makhluk hidup di bumi.

Sumber air berdasarkan letaknya ada tiga, yaitu air atmosfer, air permukaan, dan air tanah. Air atmosfer atau air angkasa merupakan air hasil proses penyubliman awan atau uap air. Contoh air atmosfer adalah air hujan. Sementara air permukaan merupakan air yang berada di atas permukaan tanah. Contoh air



Sumber: Pustaka-Kementan

Air laut dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan garam

permukaan adalah air sungai, waduk, danau, dan situ. Ketersediaan air permukaan bergantung pada curah hujan, kondisi tutupan lahan sepanjang daerah aliran sungai (DAS), dan keberadaan bendungan. Air tanah merupakan air yang berada di bawah permukaan tanah, seperti air sumur dan mata air.

Salah satu sumber air yang kurang termanfaatkan dan kerap terbuang adalah air hujan. Indonesia sebagai negara tropis memiliki curah hujan tinggi, rata-rata 2.000—3.000 mm per tahun. Jumlah itu kerap terbuang karena kurang optimalnya penampungan air. Andai setiap tetes air hujan itu termanfaatkan, tentu pengairan untuk pertanian bisa lebih optimal. Ini karena masih banyak daerah pertanian di Indonesia mengandalkan air hujan. Artinya, hanya bisa bercocok tanam ketika musim hujan.

Menurut data Kementerian Pertanian, pada 2017 area lahan tadah hujan di Indonesia mencapai 4-juta hektare. Lebih lanjut, Menteri Pertanian, Dr. Ir. Andi





Sumber: kebudayaan.kemdikbud.go.id

Salah satu air permukaan adalah sungai

Amran Sulaiman M.P., menyebutkan, jika lahan tadah hujan itu dimanfaatkan lebih optimal lagi, hasil yang bisa diperoleh mencapai Rp100-triliun—Rp200-triliun, dengan asumsi petani bisa menanam 2—3 kali setahun. Sebelumnya, petani di area pertanian tadah hujan hanya dapat melakukan penanaman satu kali setahun.

Daerah yang telah merasakan manfaat dari memanen air hujan salah satunya adalah Desa Sajang, Kecamatan Sembalun, Kabupaten Lombok Timur. Dulu tidak ada yang menyangka lahan di kaki Gunung Rinjani bagian utara itu bisa menjadi "pabrik" buah dan sayuran komersial. Maklum curah hujannya hanya 1.923 mm per tahun dengan 8 bulan kering. Curah hujan disebut tinggi jika mencapai minimal 2.500 mm per tahun. Air berlimpah pada musim hujan, tapi kering lebih dari setengah tahun.

Saat kemarau tak ada yang berani mengolah lahan seluas 230,4 ha itu karena sumber air kering. Hanya sesekali warga setempat menanam bawang putih, ubi jalar, dan jagung saat musim hujan tiba. Kini lahan di ketinggian 1.000 m dpl di kaki Gunung Rinjani itu bagai surga buah dan sayuran. Dari sana setiap minggu dipanen 2—3 ton melon hidroponik. Melon lalu dikirim ke Bali dan Jawa Timur tanpa putus sepanjang tahun. Tercatat ada 58 *greenhouse* modern berdiri di sana dengan total luasan 27,8 ha. Sebagian *greenhouse* ditanami stroberi, paprika, tomat, selada, dan brokoli.

Pada musim kemarau, sumber air *greenhouse* itu adalah air hujan yang ditampung di danau buatan berkapasitas 398.000 m^3. Danau berbentuk kerucut dengan luas 8 ha. Agar air tak meresap ke tanah, dasar danau dilapisi plastik. Dengan cara itu, air untuk budi daya tanaman selalu tersedia sepanjang tahun.



Sumber: Trubus

Curah hujan di Indonesia rata-rata 2.000—3.000 mm per tahun, belum dimanfaatkan secara optimal

B. Penampung Air

Salah satu kiat yang bisa dilakukan untuk mengoptimalkan air hujan adalah dengan cara menampungnya. Tujuannya agar kelebihan air pada musim hujan bisa dipergunakan pada musim kemarau. Air dapat ditampung di beragam tempat seperti danau, situ, waduk, dan embung.

1. Danau

Danau adalah tempat penampungan air yang terbentuk secara alami di permukaan bumi, yang digenangi oleh air, baik air tawar maupun air asin, dan seluruhnya dikelilingi daratan, berbentuk cekungan yang lebih dalam dari telaga. Air danau



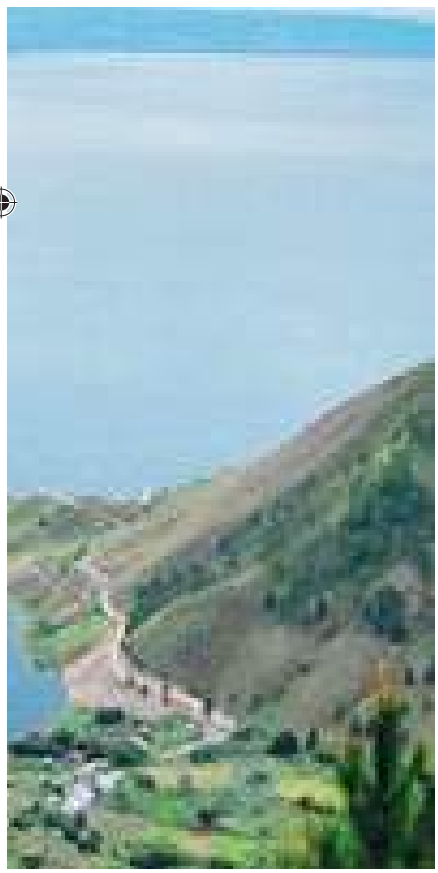
Sumber: www.sumutprov.go.id

Danau Toba salah satu ikon wisata di Indonesia

dapat berasal dari berbagai sumber, antara lain:

- Air sungai yang mengalir ke dalam danau dan sebagai *inflow*.
- Air yang berasal dari hasil pencairan salju dan es/gletser.
- Air hujan yang tertangkap langsung oleh danau tersebut.
- Air dari aliran permukaan (*over land flow*) yang berasal dari air hujan.
- Air yang berasal dari dalam tanah (air tanah) yang permukaannya lebih tinggi daripada permukaan air danau sehingga air mengalir ke dalam danau.
- Air yang berasal dari mata air yang masuk ke danau.

Danau tersebar di seluruh permukaan bumi, di berbagai tempat seperti pegunungan, daerah dataran tinggi, lembah, dataran rendah, gunung api, dan sepanjang pantai. Luas seluruh danau di permukaan bumi kurang lebih 6,1% dari luas permukaan bumi dengan prakiraan jumlah air 91.000 km^2.



Ada banyak sekali tipe danau. Ukuran dan kedalamannya pun berbeda-beda, bergantung pada proses pembentukan. Danau umumnya terisi oleh air tawar, tetapi ada juga yang airnya asin, seperti Danau Kaspia dan Danau Salt di Laut Kaspia. Air danau yang asin disebabkan oleh tidak adanya pelepasan air laut sehingga air yang mengisi cekungan tersebut hanya berkurang melalui proses penguapan.

Danau air asin umumnya berada di pedalaman benua dengan kondisi iklim kering. Danau-danau itu dapat surut, bahkan sampai tidak ada air pada musim kering yang cukup panjang. Danau tersebut disebut danau temporer. Danau yang luas kadang kala dinamakan laut, misalnya Laut Kaspia dan Laut Aral.

Pada umumnya kedalaman danau bervariasi antara 50—200 m, tetapi banyak juga yang mempunyai kedalaman kurang dari 50 m. Sampai saat ini, sebagian besar danau belum diketahui volumenya dengan pasti, demikian juga presipitasinya, evaporasinya, serta debit *inflow* dan *outflow*-nya. Dengan demikian, waktu tinggal air danau belum diketahui sehingga daya tampung beban pencemaran tidak diketahui dan pemanfaatannya bagi berbagai keperluan sulit untuk diprogramkan.

2. Waduk

Waduk adalah danau buatan atau kolam penyimpanan air yang ukurannya sangat besar. Air yang ditampung di dalam waduk dimanfaatkan untuk mencukupi kebutuhan sehari-hari. Misalnya untuk air minum, irigasi pertanian, pembangkit listrik, wisata, dan budi daya perikanan. Contohnya Waduk Jatiluhur di Kabupaten Purwakarta, Waduk Jatigede di Kabupaten Sumedang, Jawa Barat, dan Raknamo di Kupang, Nusa Tenggara Timur.

Menurut Komisi Dam Dunia, bendungan/ waduk besar adalah bila tinggi bendungan lebih dari 15 m. Sementara jika tinggi bendungannya kurang 15 m maka disebut waduk kecil alias embung. Pembangunan waduk besar di Indonesia sampai tahun 2018 kurang lebih 100 buah, dan 80% berlokasi di Pulau Jawa. Sejak terjadi krisis moneter pada 1998, pembangunan waduk besar di Indonesia belum dilakukan lagi, kecuali Waduk Jatigede di Kabupaten Sumedang, Jawa Barat.

Sistem tata air waduk berbeda dengan danau alami. Pada waduk, komponen tata air umumnya telah direncanakan sedemikian rupa sehingga volume, kedalaman, luas, presepitasi, debit *inflow/out flow*, dan waktu tinggal air diketahui dengan pasti.



Sumber: Pustaka-Kementan

Waduk adalah danau buatan yang berukuran besar



3. Embung

Embung atau tandon air merupakan waduk berukuran mikro yang biasanya dibangun di lahan pertanian untuk menampung kelebihan air hujan pada musim hujan. Air yang ditampung tersebut selanjutnya digunakan sebagai sumber irigasi suplementer untuk budi daya komoditas pertanian bernilai ekonomi tinggi pada musim kemarau atau saat curah hujan makin jarang. Air embung dapat pula dimanfaatkan untuk keperluan lain, misalnya air minum ternak, wisata, atau untuk keperluan sehari-hari.

Embung merupakan salah satu teknik pemanenan air yang sangat sesuai di segala jenis agroekosistem. Di lahan rawa namanya *pond* yang berfungsi sebagai tempat penampungan air drainase saat kelebihan air pada musim hujan



Sumber: Pustaka-Kementan

Embung merupakan salah satu teknik pemanenan air yang sangat sesuai di segala jenis agroekosistem

dan sebagai sumber air irigasi pada musim kemarau. Sementara di lahan tadah hujan atau lahan kering dengan intensitas dan distribusi hujan yang tidak merata, embung dapat digunakan untuk menampung kelebihan air dan menjadi sumber air irigasi pada musim kemarau. Secara operasional, sebenarnya embung berfungsi untuk mendistribusikan dan menjamin kontinuitas ketersediaan pasokan air untuk keperluan tanaman ataupun ternak pada musim kemarau dan musim hujan.

Pembuatan embung untuk pertanian bertujuan antara lain untuk menampung air hujan dan aliran permukaan di wilayah sekitarnya serta air dari sumber lain seperti mata air, parit, dan sungai-sungai kecil. Pembuatan embung juga bertujuan untuk menyediakan sumber air sebagai suplesi irigasi pada musim kemarau untuk tanaman palawija, hortikultura semusim, tanaman perkebunan semusim, dan peternakan.



Ragam Penampung Air

Jenis	Pembentukan	Luasan	Pemanfaatan
Embung	Buatan	Salah satu embung terluas di Indonesia, Embung Haekrit di Kabupaten Belu, Nusa Tenggara Timur mencapai 62 hektare dengan daya tampung 2,2-juta meter kubik.	Irigasi dan penyediaan air bersih
Situ	Alami	Situ Bagendit di Desa Bagendit, Kecamatan Banyuresmi, Kabupaten Garut, Jawa Barat dengan total luas area 124 hektare.	Wisata
Danau	Alami	Danau Toba di Sumatera Utara dengan luas area 113.000 hektare.	Wisata
Waduk	Buatan	Waduk Jatiluhur di Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat dengan luas area 8.300 hektare; Waduk Jatigede di Kabupaten Sumedang, Jawa Barat dengan luas area 9.363 hektare.	Wisata, perikanan, dan irigasi

Sumber: Berbagai Sumber

C. Kebutuhan Air Beragam Komoditas

1. Padi

Ketersediaan air amat vital bagi kegiatan pertanian. Penelitian dari periset asal Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor (IPB), Najla Anwar Fuadi, menunjukkan kebutuhan air bersih atau neto pada sawah konvensional rata-rata 6,55 mm/hari. Sementara pada sawah *System of Rice Intensification* (SRI), kebutuhan air rata-rata 4,67 mm/hari. Dari hasil perhitungan kebutuhan air itu dapat diasumsikan bahwa kebutuhan air selama satu masa tanam (100 hari) untuk sawah dengan pemberian air secara konvensional sebanyak 655 mm dan sawah dengan sistem pemberian air secara SRI 467 mm.



Sumber: Pustaka-Kementan

Padi yang ditanam dengan metode *System of Rice Intensification* SRI rata-rata membutuhkan air 467 mm per 100 hari

2. Jagung

Komoditas palawija contohnya jagung membutuhkan ketersediaan air yang tak terlalu berbeda dengan padi. Penelitian dari Alumnus Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung, Muamar, menunjukkan total kebutuhan air konsumtif tanaman jagung selama 100 hari mencapai 614,29 mm. Artinya kebutuhan air harian tanaman jagung adalah 6,14 mm. Jumlah itu lebih banyak dibandingkan dengan kebutuhan air tanaman padi dengan metode SRI.



Sumber: Pustaka-Kementan

Kebutuhan air konsumtif tanaman jagung selama 100 hari adalah 614,29 mm

3. Kedelai

Tanaman pangan lainnya yakni kedelai juga memerlukan air yang tidak berbeda nyata dengan jagung. Penelitian dari Alumnus Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung, Oktaviani, memperlihatkan kebutuhan air tanaman kedelai berada pada kisaran 406,1 mm sampai 446,1 mm per 85 hari. Artinya kebutuhan air harian tanaman kedelai adalah 4,78—5,24 mm per hari.***



Sumber: Pustaka-Kementan

Kebutuhan air tanaman kedelai berada pada kisaran 406,1—446,1 mm per 85 hari



Embung salah satu solusi penampungan air untuk sarana irigasi pertanian (Sumber: Pustaka-Kementan)



Kenal Embung Lebih Dekat

Air hujan banyak menjadi limpasan atau terbuang ke sungai dan laut. Embung upaya memanen air hujan untuk pengairan komoditas pertanian saat musim kemarau.

Permasalahan air bagi pertanian di lahan kering adalah ketidaksesuaian distribusi air antara kebutuhan dan pasokan menurut waktu dan tempat. Persoalan menjadi semakin kompleks, rumit, dan sulit diprediksi karena pasokan air bergantung pada sebaran curah hujan sepanjang tahun, yang kadang tidak merata walau pada musim hujan sekalipun. Oleh karena itu, diperlukan teknologi tepat guna, murah, dan mudah digunakan untuk mengatur ketersediaan air agar dapat memenuhi kebutuhan air dengan cara-cara alamiah. Embung merupakan salah satu pilihan yang menjanjikan karena teknologinya sederhana, biaya pembangunannya relatif murah dibandingkan dengan waduk, dan dapat dijangkau kemampuan petani.

Embung merupakan salah satu teknik memanen air hujan. Sejatinya teknik panen air hujan bukan barang baru. Teknik itu sudah lama digunakan nenek moyang kita secara tradisional. Petani zaman dulu selalu membuat lubang bulat di tengah lahan alias embung untuk menampung air hujan. Biasanya untuk sawah atau tegal seluas 0,5 ha dibuat embung berdiameter 5 m dengan kedalaman 3—4 m. Dari embung itulah air ditimba untuk menyiram tanaman.

Metode lain untuk memanen hujan ialah membuat parit buntu sedalam 2 m dengan lebar 1—2 m dan panjang 10—20 m di tepi lahan. Sementara secara alami, panen air hujan diperankan danau dan situ. Teknik lain yaitu sumur cekok. Sumur cekok biasa diterapkan untuk area pertanian di lembah yang kering. Sumur cekok sedalam 20—30 m dibuat di dasar lembah sehingga air hujan dari bukit tertampung ke dalamnya. Petani di Sragen, Jawa Tengah, sudah menerapkan teknik itu.

Dari beragam teknik memanen air hujan itu, yang kini banyak dilakukan adalah membangun embung. Tidak hanya air hujan, sumber air lain seperti air sungai, air parit, suplesi air irigasi, hingga air dari mata air pun bisa ditampung dalam embung. Menurut Pedoman Teknis Pembuatan Embung dari Direktorat Prasarana Sarana Pertanian Kementerian Pertanian tahun 2017, standar teknis volume tampungan embung atau *long-storage* terkecil adalah 500 m^3 dan debit minimal dam parit 5 liter/detik yang diharapkan dapat mengairi lahan minimal 25 hektare.

A. Ragam Embung

Selain untuk menyediakan cadangan air terutama untuk mengantisipasi kekeringan pada musim kemarau, embung juga dapat berfungsi mengatasi genangan yang tidak terkendali saat musim hujan. Embung yang tidak dilapisi bahan kedap dapat meresapkan air permukaan untuk mengisi akuifer dangkal (bebas) yang ada di bawahnya. Akuifer adalah lapisan bawah tanah yang mengandung air dan dapat mengalirkan air. Melalui akuifer itulah air tanah dapat diambil.

Berbagai macam embung dijumpai di Indonesia yang dirancang dan dibuat sesuai peruntukannya. Sebagai contoh, di Jawa Timur ada lebih dari 150 embung yang dibangun sejak 2010 yang tersebar di 21 kabupaten. Pembangunan embung itu di antaranya untuk memenuhi kebutuhan air bersih penduduk, pengairan, perikanan, peternakan, dan sebagai resapan air.



Sumber: Trubus

Berbagai macam embung dijumpai di Indonesia yang dirancang dan dibuat sesuai peruntukannya



Sumber: *Pustaka-Kementan*

Embung di Jakenan Pati, Jawa Tengah, dimanfaatkan sebagai sumber air bersih

Embung yang sumber airnya dari air hujan relatif lebih bersih sehingga sesuai untuk memenuhi kebutuhan air domestik atau rumah tangga. Embung jenis itu biasanya dibuat dalam ukuran relatif kecil, berada di lingkungan permukiman sehingga mudah diakses masyarakat setempat. Embung untuk pengairan, perikanan, dan peternakan ukurannya relatif lebih besar dan air yang terkumpul di dalam embung dapat berasal dari berbagai sumber, misalnya air hujan,



Sumber: Pustaka-Kementan

Embung di NTT untuk minum ternak

limpasan permukaan maupun mata air. Karena itu, kualitas airnya lebih rendah bila dibandingkan dengan air embung yang hanya berasal dari hujan.

Embung jenis apapun dapat dirancang agar berfungsi lebih dari satu peruntukan. Namun demikian, mengingat pembuatannya tidaklah mudah dan memakan biaya relatif besar serta menempati lahan cukup luas, alangkah bijaknya bila rancangan embung disesuaikan dengan prioritas peruntukannya. Misalnya,

embung untuk air bersih dirancang berdasarkan kebutuhan air bersih masyarakat yang menjadi sasarannya. Demikian pula, embung untuk pengairan dirancang berdasarkan kebutuhan air tanaman atau evapotranspirasi selama musim budi daya tertentu.

Untuk hal itu tentu diperlukan pengetahuan tentang peluang kejadian hujan maksimal pada periode tertentu. Dalam kasus lain, bisa saja embung dibangun terlebih dahulu baru kemudian air yang tertampung digunakan untuk keperluan tertentu, misalnya untuk perikanan dan peternakan yang jumlahnya disesuaikan dengan potensi air yang ada.

B. Embung dan Peningkatan Ekonomi

Indonesia memiliki sekitar 7.000 desa yang membutuhkan infrastruktur pertanian berupa embung. Keberadaan infrastruktur pertanian ini dalam jangka panjang akan meningkatkan mutu dan hasil petanian di kala terjadi musim kemarau. Pada musim kemarau, petani biasanya hanya dapat memanen tanamannya satu kali dalam setahun. Dengan adanya embung, petani dapat panen hingga tiga kali dalam setahun sehingga pendapatan mereka pun meningkat.

Sebagai contoh di beberapa daerah di Nusa Tenggara Barat (NTB), setelah ada embung yang



Sumber: Pustaka-Kementan

Embung meningkatkan intensitas tanaman dan pendapatan petani

dibangun pada 2017 pendapatan petani meningkat. Musababnya, intensitas pertanaman meningkat menjadi dua kali setahun, sebelumnya sekali setahun. Salah satu titik lokasi embung adalah di Desa Sembalun Lawang, Kecamatan Sembalun, Kabupaten Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat, yang dibangun untuk menunjang swasembada bawang putih pada 2019.

Dengan adanya embung, intensitas penanaman bawang putih bisa 2—3 kali dalam setahun. Embung dikerjakan sejak 2017 berdasarkan usulan dari kelompok tani (poktan) yang ada di Desa Sembalun Lawang. Embung berada di ketinggian sekitar 100 m di atas lahan bawang putih sehingga secara gravitasi air dapat mengalir ke area pertanian bawang putih yang ada di bawahnya.

Tiga poktan di Desa Sembalun Lawang yang mendapat bantuan embung dari pemerintah adalah Poktan Langsuna Unggul untuk lahan seluas 45 hektare,





Sumber: Trubus

Dengan adanya embung, intensitas penanaman bawang putih bisa 2—3 kali dalam setahun

Poktan Horsela untuk lahan seluas 55,5 hektare, dan Poktan Gumilang untuk lahan 42,27 hektare.

Nun di Desa Antapan, Kecamatan Baturiti, Kabupaten Tabanan, Bali, manfaat embung juga sangat dirasakan petani, terutama ketika musim kemarau. Petani di desa yang berada di ketinggian 800 m di atas permukaan laut (m dpl), itu biasanya hanya dapat menanam sayuran seperti bayam, kacang panjang, cabai, dan caisim saat musim hujan. Setelah ada embung, mereka dapat mengusahakan tanaman sayuran itu sepanjang tahun. Di Desa Antapan, Tabanan, seorang petani memiliki dua embung dengan kapasitas total 72 m^3 yang mampu mengairi 6.000 m^2 lahan dengan debit air yang dialirkan 72.000 liter.

Desa lain di Bali yang juga sudah merasakan faedah embung adalah Desa Bukti, Kecamatan Kubutambahan, Kabupaten Buleleng. Di Desa Bukti, delapan embung yang dimiliki kelompok Kerthi Winangun, memiliki volume 840 m^3 serta dimanfaatkan oleh 32 petani.

Keberadaan embung di dua desa itu tidak lepas dari program bioindustri yang diusung oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Balitbangtan) Kementerian Pertanian. Program bioindustri diimplementasikan oleh Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) yang tersebar di 33 provinsi, termasuk BPTP Bali. Tim Bioindustri BPTP Bali masuk ke sejumlah lokasi binaan itu sejak 2015. Dukungan Kementan ditunjukkan dengan memfasilitasi pembangunan

infrastruktur berupa sarana penampung air (embung), hidram (pompa air) untuk kelompok, dan kandang yang dilengkapi sarana produksi pupuk organik padat dan cair.

Nun di Minahasa, Sulawesi Utara, ada Pieter Tangka, wirausahawan hortikultura yang juga merasakan peningkatan pendapatan dari pembangunan embung. Pieter yang mengelola lahan 125 ha yang berisi tanaman cabai dan bawang merah membuat embung yang lebih sederhana. Di setiap hektare lahan, ia membuat tiga embung berkapasitas 6.000—8.000 liter. Sebagai penahan air, pria kelahiran Kupang itu hanya menggunakan terpal. Terpal mudah diperoleh, relatif murah, dan mudah diperbaiki kalau bocor. Selain itu, bahan itu awet dan masih ia gunakan sejak membuat embung pertama kali pada 2013.

Untuk membuat embung, Pieter menggali tanah sedalam 1,2 m dengan panjang dan lebar menyesuaikan kondisi lahan. Terpal berukuran 6 m x 8 m cukup untuk membuat embung berukuran 2 m x 4 m dengan kedalaman air 1 m, yang mampu menampung 8 m^3 air setara 8.000 liter.

Lantaran posisi embung lebih rendah daripada lahan, Pieter mesti memompa air dari embung untuk menyiram tanaman. Pilihannya membayar biaya operasi pompa air atau tanaman mati kekeringan. Jelas ia memilih membayar biaya pompa. Strategi itu efektif. Saat petani lain hanya bisa pasrah melihat tanaman mengering kekurangan air, Pieter mampu memanen 11—12 ton cabai keriting dan 8 ton cabai rawit per hektare lahan. Di tengah kelangkaan pasokan cabai akibat kemarau, ia meraup laba besar dari lonjakan harga cabai. Maklum, cabai rawit ibarat makanan pokok masyarakat Sulawesi Utara. Orang tetap membelinya berapa pun harganya. Paling mereka mengurangi jumlah pembelian agar dompet tidak jebol.



Sumber: Pustaka - Kementan

Embung di Desa Antapan, Bali



Sumber: Pustaka-Kementan

Ketersediaan air pada embung cukup untuk mengairi pertanaman cabai rawit



Selain manfaat di bidang pertanian, embung juga berpotensi menciptakan kinerja ekonomi di sektor lain seperti sektor pariwisata. Contohnya keberadaan embung Nglanggeran di kompleks gunung api purba, Gunung Kidul, DI Yogyakarta. Pengelola embung tidak sebatas memanfaatkan air untuk mengairi tanaman buah di sekitarnya, tapi juga menyulap embung menjadi tempat wisata yang menarik.

Setiap akhir pekan, kunjungan ke embung Nglanggeran selalu membludak. Pengunjung kebanyakan datang menjelang sore untuk menikmati pemandangan matahari terbenam dari tepi embung. Sebagian pelancong betah menghabiskan waktu hingga malam. Malam hari pun pengunjung masih mengalir masuk. Sejak awal, konstruksi embung dilengkapi lampu penerangan di jalan akses, tempat parkir, sampai tepi pagar.



Sumber: Pokdarwis Nglanggeran

Embung Nglanggeran kerap dimanfaatkan sebagai tempat wisata, dan meningkatkan taraf ekonomi masyarakat sekitar

Hal serupa juga terjadi di embung Sriten yang berada di Dukuh Sriten, Desa Pilangrejo, Kecamatan Nglipar, Kabupaten Gunung Kidul. Embung Sriten yang diresmikan pada Maret 2015 menjadi magnet yang menarik pengunjung. Sisi timur dan barat embung Sriten terbuka sehingga pengunjung bisa menikmati matahari terbit maupun terbenam. Dukuh Sriten yang semula daerah antah berantah dan langka didatangi orang tiba-tiba diserbu wisatawan.

Efek terhadap ekonomi desa langsung terasa. Warga Pilangrejo yang kebanyakan menanam ganyong *Canna edulis*, selama ini harus turun ke Yogyakarta atau Sleman untuk menjual produk tepung ganyong mereka. Hal serupa juga berlaku untuk gula kelapa produk Pilangrejo. Sejak embung Sriten dibuka, masyarakat memanfaatkan tepung ganyong dan gula merah untuk membuat dawet—minuman khas setempat.



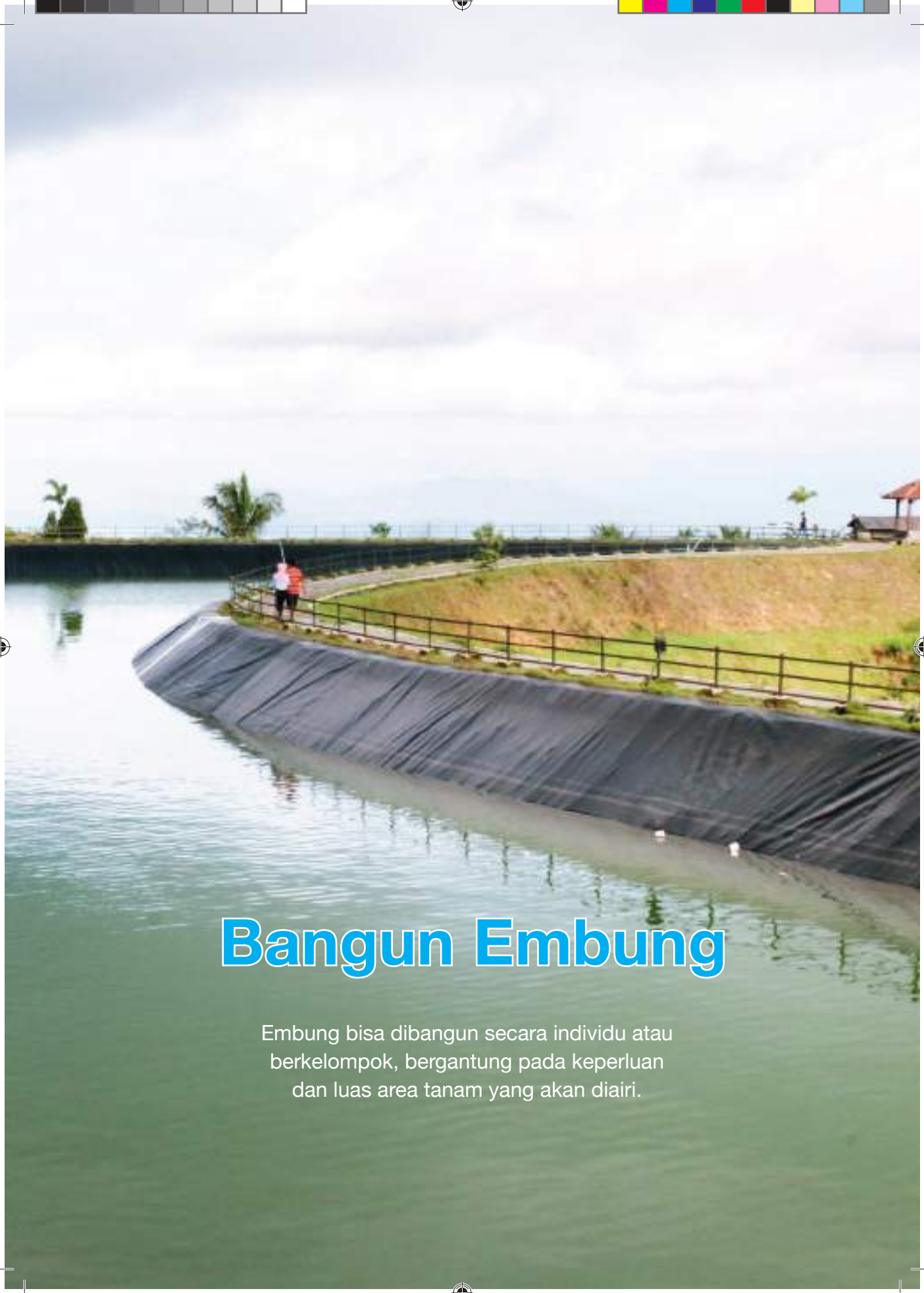
Sumber: Trubus

Dengan adanya embung Sriten, permintaan tepung ganyong di Pilangrejo meningkat

Pengunjung pun menjadikan tepung ganyong yang langka di pasaran dan gula kelapa sebagai buah tangan. Permintaan tepung ganyong dan gula kelapa meningkat sehingga harganya ikut naik. Kondisi di embung Nglanggeran dan Pilangrejo membuktikan bahwa kehadiran embung menjadi pendorong ekonomi masyarakat meskipun tanaman buah yang menjadi target pengairan itu belum berproduksi. Nanti begitu tanaman buah berproduksi, hasilnya akan lebih banyak. Artinya, pembangunan embung mampu meningkatkan produktivitas pertanian, menciptakan lapangan kerja di daerah sekitar embung yang akhirnya meningkatkan pendapatan masyarakat. Dengan demikian, embung bisa menjadi sumbangsih pengungkit pertumbuhan ekonomi secara nasional.***



Air baku merupakan bahan dasar dari air bersih yang digunakan untuk berbagai kebutuhan manusia (Sumber: Pustaka-Kementan)



Bangun Embung

Embung bisa dibangun secara individu atau berkelompok, bergantung pada keperluan dan luas area tanam yang akan diairi.

Sasaran pembangunan embung untuk pertanian antara lain tertampungnya air hujan dan aliran permukaan (*run off*) di wilayah sekitarnya serta sumber air lainnya yang memungkinkan. Sasaran lainnya adalah tersedianya air untuk suplesi irigasi pada musim kemarau untuk tanaman palawija, hortikultura semusim, tanaman perkebunan semusim, dan peternakan.

A. Sebelum Pembuatan Embung

Mengingat pembuatannya tidaklah mudah dan memakan biaya relatif besar serta memerlukan lahan cukup luas, alangkah bijaknya bila rancangan embung disesuaikan dengan prioritas peruntukannya. Misalnya, embung untuk pengairan dirancang berdasarkan kebutuhan air tanaman selama musim budi daya tertentu.

Pertanian di lahan tadah hujan memerlukan embung untuk sumber air pengairan pada muasim kemarau. Embung sebaiknya dibangun di sebelah hulu lahan agar pengaliran airnya dapat dilakukan secara gravitasi. Karena itu, perlu ditentukan lokasi-lokasi yang potensial berdasarkan pada kondisi geofisik lingkungan dan sumber airnya tidak hanya berasal dari hujan. Lokasi yang mempunyai mata air dan aliran permukaan dapat dikumpulkan ke satu wilayah yang memungkinkan dibuat embung. Berikut adalah beberapa hal yang perlu diperhatikan sebelum pembuatan embung.

1. Lokasi

Berbeda dengan embung untuk air bersih, lokasi embung untuk pertanian harus terletak di sebelah hulu lahan. Embung yang dibangun di hulu mempunyai jangkauan daerah irigasi yang jauh lebih besar serta energi potensial gravitasi yang tinggi sehingga dapat menekan biaya distribusi air. Lokasi embung sebaiknya dekat dengan saluran air agar pada saat hujan, air permukaan mudah mengalir ke dalam embung. Lebih baik lagi kalau embung dibuat di dekat area tanaman yang akan diairi. Lokasi embung juga sebaiknya memiliki daerah tangkapan hujan.



2. Ketinggian Tempat

Ketinggian tempat lokasi embung sangat berpengaruh terhadap biaya pembuatan embung. Embung yang lokasinya di dataran tinggi lebih memudahkan dalam membuat saluran irigasi. Dengan bantuan gravitasi, air di tempat yang lebih tinggi mudah mengalir ke lahan pertanian atau permukiman warga yang letaknya berada di dataran yang lebih rendah.

Jika lokasi embung berada di tempat yang lebih rendah daripada lahan pertanian atau permukiman warga, dibutuhkan investasi lebih untuk membuat saluran irigasi. Juga pompa untuk mengalirkan air ke tempat yang lebih tinggi lagi. Contohnya embung Nglanggeran dan Sriten di Gunung Kidul yang dibangun di lokasi yang lebih tinggi. Saluran irigasi lebih murah karena hanya menggunakan pipa dan selang untuk mengairi lahan pertanian di bagian lereng dan tempat yang lebih rendah dari lokasi embung.



Sumber: Pokdarwis Nglanggeran

Lokasi embung sangat berpengaruh terhadap biaya operasional embung



Sumber: Pustaka-Kementan



3. Kontur Lahan

Kontur lahan di satu tempat berimbas pada biaya pembuatan embung. Kontur yang berbukit dan berundak memerlukan biaya pembuatan embung yang lebih tinggi. Namun, jika lokasi sasaran aliran air berada di tempat yang lebih rendah, biaya untuk pembuatan saluran irigasi bisa lebih murah. Musababnya air turun menggunakan gravitasi.

4. Tekstur Tanah

Agar fungsinya sebagai penampung air dapat terpenuhi, embung sebaiknya dibuat di lahan dengan tanah liat berlempung. Tidak dianjurkan membuat embung di tanah berpasir yang porous (mudah meresapkan air) karena air cepat hilang. Kalau terpaksa, dianjurkan menggunakan alas plastik, terpal, geomembran, atau sekeliling embung ditembok.

Kontur lahan di satu tempat berimbas pada biaya pembuatan embung

5. Kemiringan Lahan

Embung sebaiknya dibuat pada lahan yang bergelombang dengan kemiringan 8—30%. Agar limpahan air permukaan dapat dengan mudah mengalir ke dalam embung dan air embung mudah disalurkan ke petak-petak tanaman, harus ada perbedaan ketinggian antara embung dan petak tanaman. Pada lahan yang datar, air limpasan akan sulit mengalir ke dalam embung. Sementara di lahan yang terlalu miring (> 30%), embung akan cepat penuh dengan endapan tanah karena erosi.

6. Ukuran Embung

Luas embung ditentukan berdasarkan ketersediaan lahan dan kontur di lokasi. Embung bisa dibangun secara individu atau berkelompok, bergantung pada keperluan dan luas area tanaman yang akan diairi. Untuk keperluan individu dengan luas tanaman palawija 0,5 hektare, misalnya, cukup dibuat embung dengan panjang 10 m, lebar 5 m, dan kedalaman 2,5—3 m.



Sumber: Trubus

Luas embung ditentukan berdasarkan ketersediaan lahan dan menyesuaikan kontur di lokasi



7. Jenis Tanaman dan Cara Pengairan

Umumnya embung digunakan untuk mengairi tanaman pada musim kemarau, seperti padi, jagung, kacang tanah, kedelai, kacang hijau, dan sayuran. Mengingat ketersediaan air dalam embung terbatas, pemakaiannya harus seefisien mungkin. Sebaiknya teknik pengairan dilakukan dengan cara irigasi tetesan terutama untuk palawija dan irigasi disela-sela larikan. Apabila air embung akan digunakan untuk mengairi padi dianjurkan untuk melakukan pengairan hanya pada saat-saat tertentu, seperti pada stadia primordia, pembungaan, dan pengisian bulir padi. Setiap kali mengairi tanah cukup sampai pada kondisi jenuh air.



Sumber: Pustaka - Kementan

Apabila air embung akan digunakan untuk mengairi padi dianjurkan untuk melakukan pengairan hanya pada saat-saat tertentu, salah satunya saat pengisian bulir padi

8. Bentuk Embung

Bentuk embung sebaiknya dibuat bujur sangkar atau mendekati bujur sangkar. Hal itu bertujuan agar diperoleh Wiling yang paling pendek sehingga resapan air melalui tanggul lebih sedikit.



Sumber: Pustaka-Kementan

Bentuk embung sebaiknya dibuat bujur sangkar atau mendekati bujur sangkar

B. Tahapan Pembuatan Embung

Ada beberapa tahap pekerjaan dalam penentuan lokasi embung. Menurut buku yang berjudul *Penentuan Lokasi, Rancangan, dan Pembuatan Embung untuk Pertanian* yang ditulis Budi Indra Setiawan dan kawan-kawan, tahapan itu adalah sebagai berikut.

1. Interpretasi Peta Topografi dan Tutupan Lahan

Mengetahui peta topografi dan tutupan lahan bertujuan untuk menentukan rencana lokasi embung. Dari peta tutupan lahan dan topografi dapat diketahui apakah wilayah calon lokasi embung merupakan daerah yang didominasi oleh perkebunan atau sawah irigasi. Lokasi dipilih yang mempunyai elevasi relatif tinggi atau daerah hulu. Umumnya, lokasi ideal untuk membangun embung berada pada punggung atau lereng gunung.

2. Observasi Lapang

Observasi lapang dilakukan untuk melihat kondisi biofisik lokasi (tutupan lahan, elevasi, dan lanskap) terutama di sekitar calon lokasi. Berdasarkan hasil observasi di lapangan akan diketahui apakah lokasi merupakan daerah yang didominasi tanaman berdaun rimbun, seperti durian, rambutan, sirsak, mangga, atau lainnya. Melalui observasi lapang juga dapat diketahui perbedaan elevasi sehingga dapat diputuskan lokasi itu cocok atau tidak untuk dibangun embung.



Sumber: Budi Indra Setiawan

Observasi lapang dilakukan untuk melihat kondisi biofisik lokasi



3. Penentuan *Benchmark* Koordinat dan Elevasi

Menentukan titik awal atau titik patokan pengukuran (*benchmark*) perlu dilakukan sebagai dasar pemetaan. Titik *benchmark* diupayakan berada di lahan yang datar dan bebas dari gangguan atau hambatan lain seperti pepohonan, semak belukar, dan bangunan.

Titik *benchmark* selanjutnya ditandai dengan patok dan diambil koordinat serta elevasinya menggunakan GPS. Misal, titik *benchmark* berada pada 6°13'03.50" LS dan 106°02'44.04" BT dengan elevasi +350 m dpl. Setelah titik *benchmark* diperoleh, prosedur berikutnya adalah pemetaan lahan.



Sumber: Budi Indra Setiawan

Penetapan titik patokan pengukuran (*benchmark*)



4. Pemetaan Lahan dan Pembuatan Peta Kontur

Pemetaan lahan diperlukan untuk mendapatkan peta kontur. Pemetaan lahan sebaiknya dilakukan pada siang hari dan cuaca cerah agar pembacaan data lebih akurat. Pemetaan lahan akan menghasilkan koordinat x, y dan z. Notasi x dan y merupakan titik koordinat, sedangkan z merupakan elevasi. Tabel 1 merupakan contoh data yang didapatkan hasil pemetaan lahan.

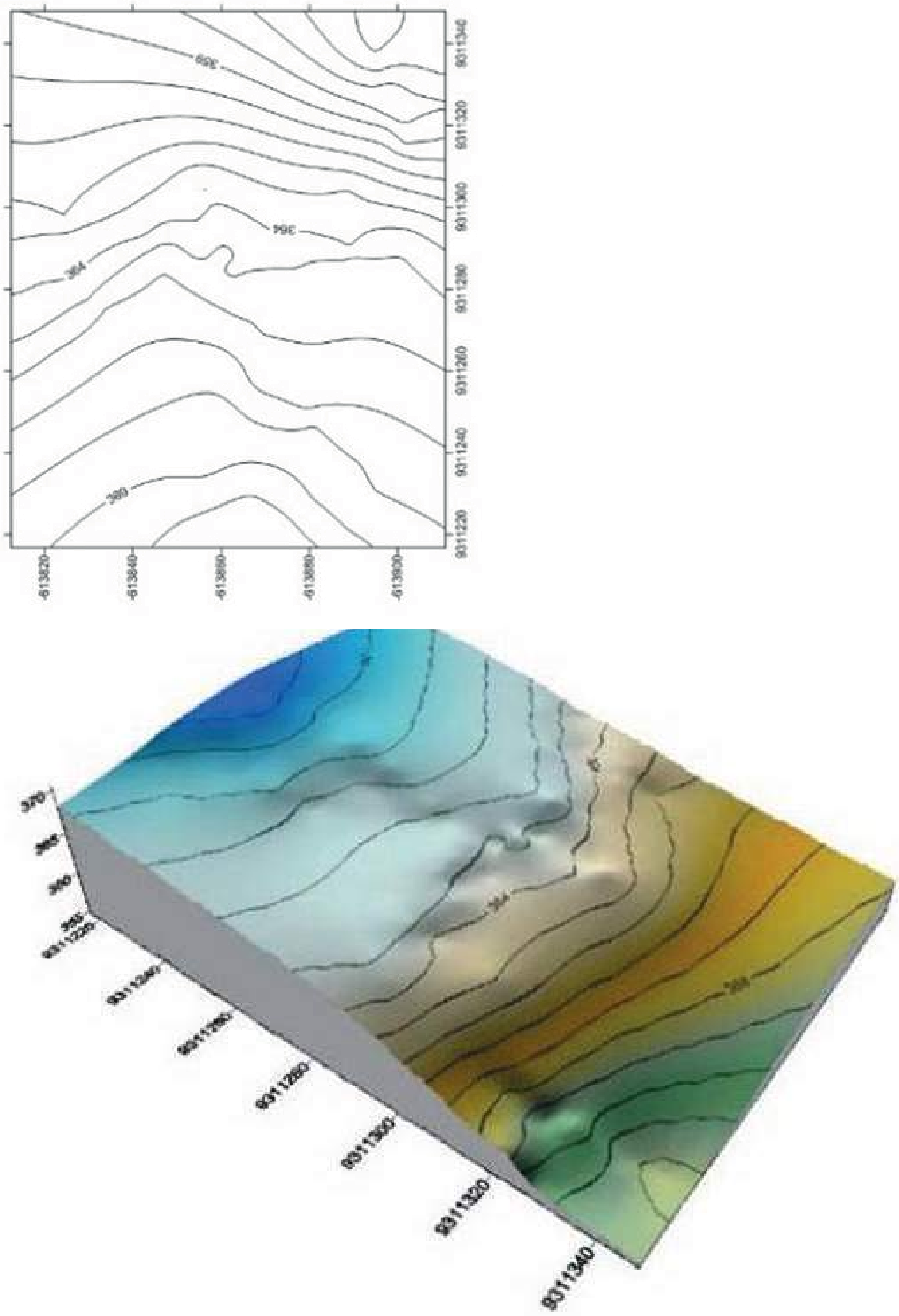
Tabel 1. Contoh data hasil pemetaan lahan

X	Y	Z
9311329	-613898	357.36
9311348	-613901	355
9311342	-613895.1998	354.694
9311338	-613899.2332	355.542
9311338	-613895.0165	355
9311333	-613897.6821	356.362
9311333	-613895.8638	356.111
9311331	-613897.9344	356.717
9311327	-613910.8437	356.372
9311323	-613910.0428	358.431
9311319	-613910.5301	358.724
9311318	-613908.1869	358.78
9311322	-613904.6048	357.99
9311325	-613897.7426	357.36

x, y = titik koordinat; z = elevasi

Sumber: Setiawan et al. (2016)

Data pemetaan lahan kemudian dibuat dalam bentuk grid dengan format (.bln) menggunakan perangkat lunak *Surfer 10*. Data grid tersebut kemudian dibuat menjadi peta kontur skala 1:1000 berdasarkan pemetaan elevasi lahan.

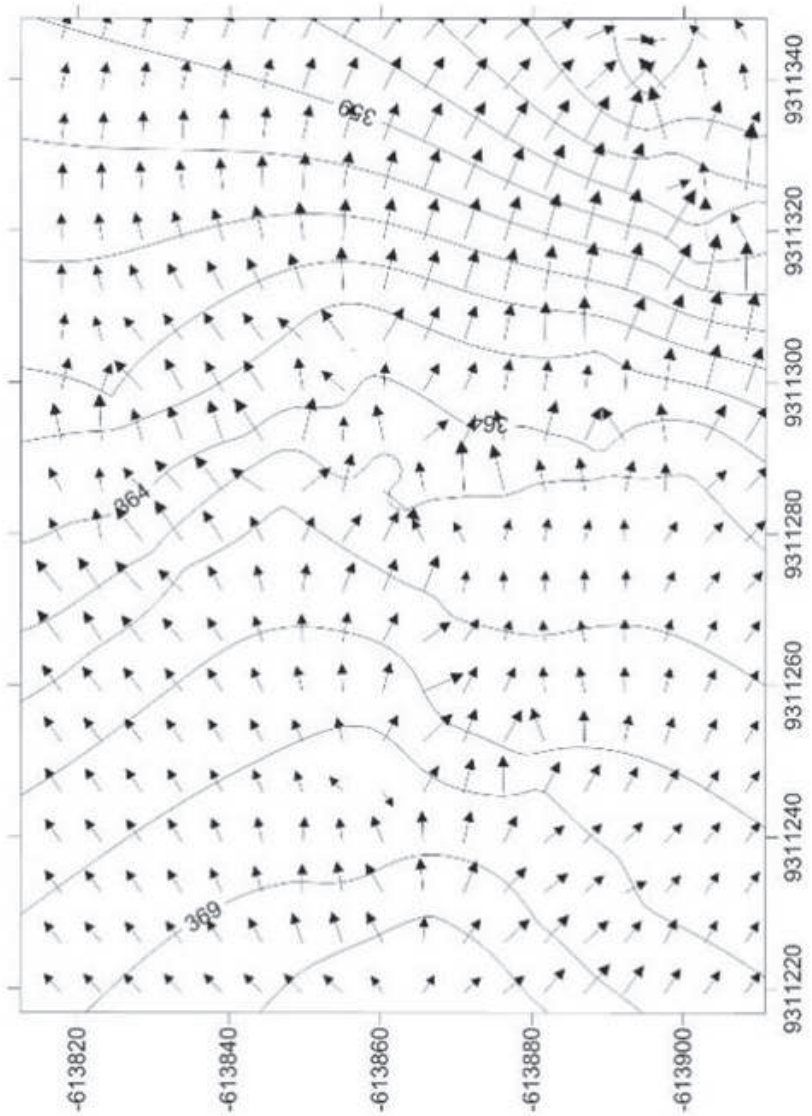


Sumber: Budi Indra Setiawan

Peta kontur hasil pemetaan lahan

5. Penggambaran Arah Aliran Air Permukaan

Arah aliran air hujan yang jatuh di lokasi perlu diketahui. Untuk mengetahui arah aliran air tersebut, dibutuhkan peta kontur dan perangkat lunak *Surfer 10*. Dengan menggunakan data grid (.bln) yang sudah dibuat sebelumnya, dapat diprediksi arah aliran air di lokasi.

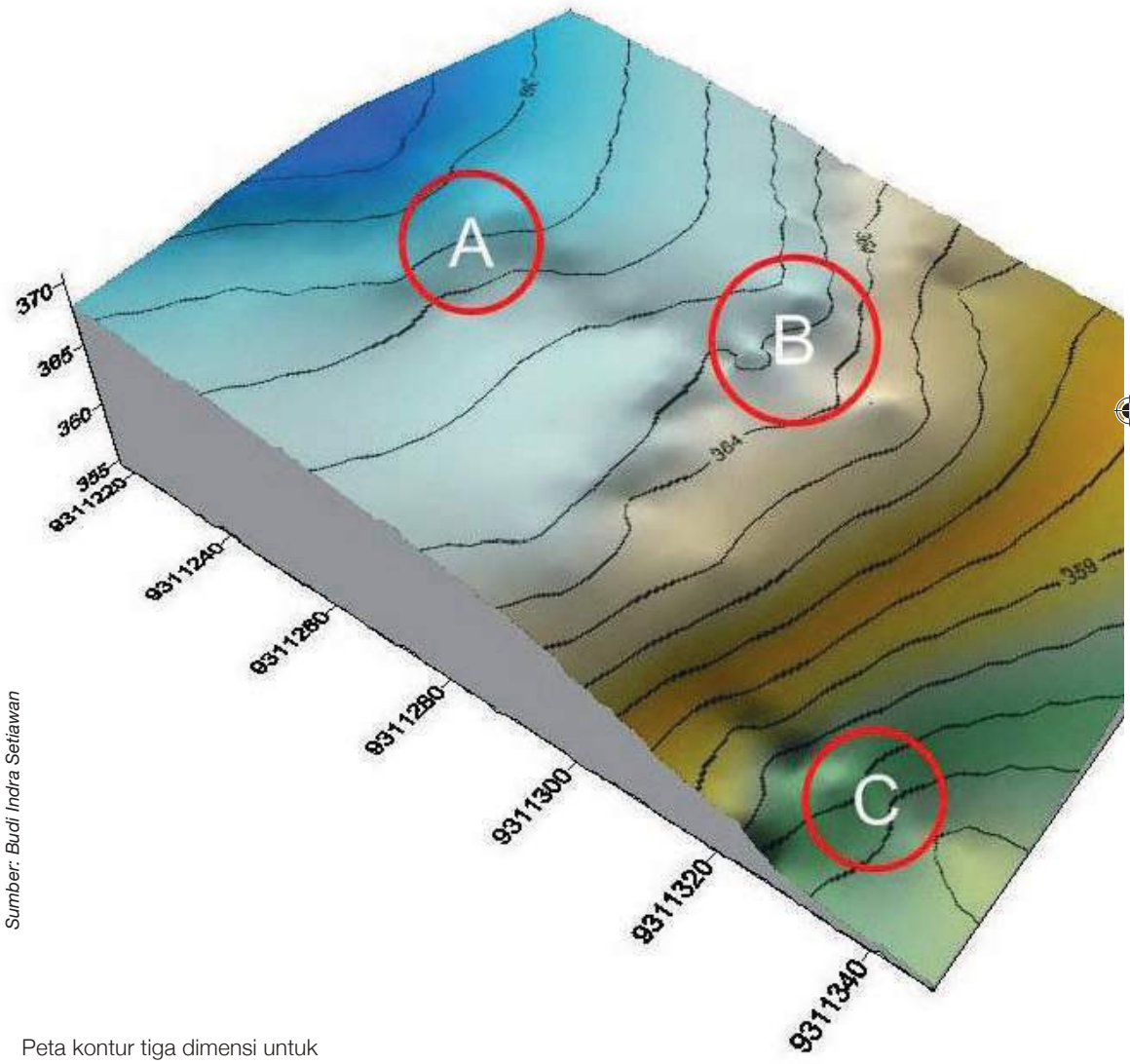


Sumber: Budi Indra Setiawan

Peta arah aliran air permukaan

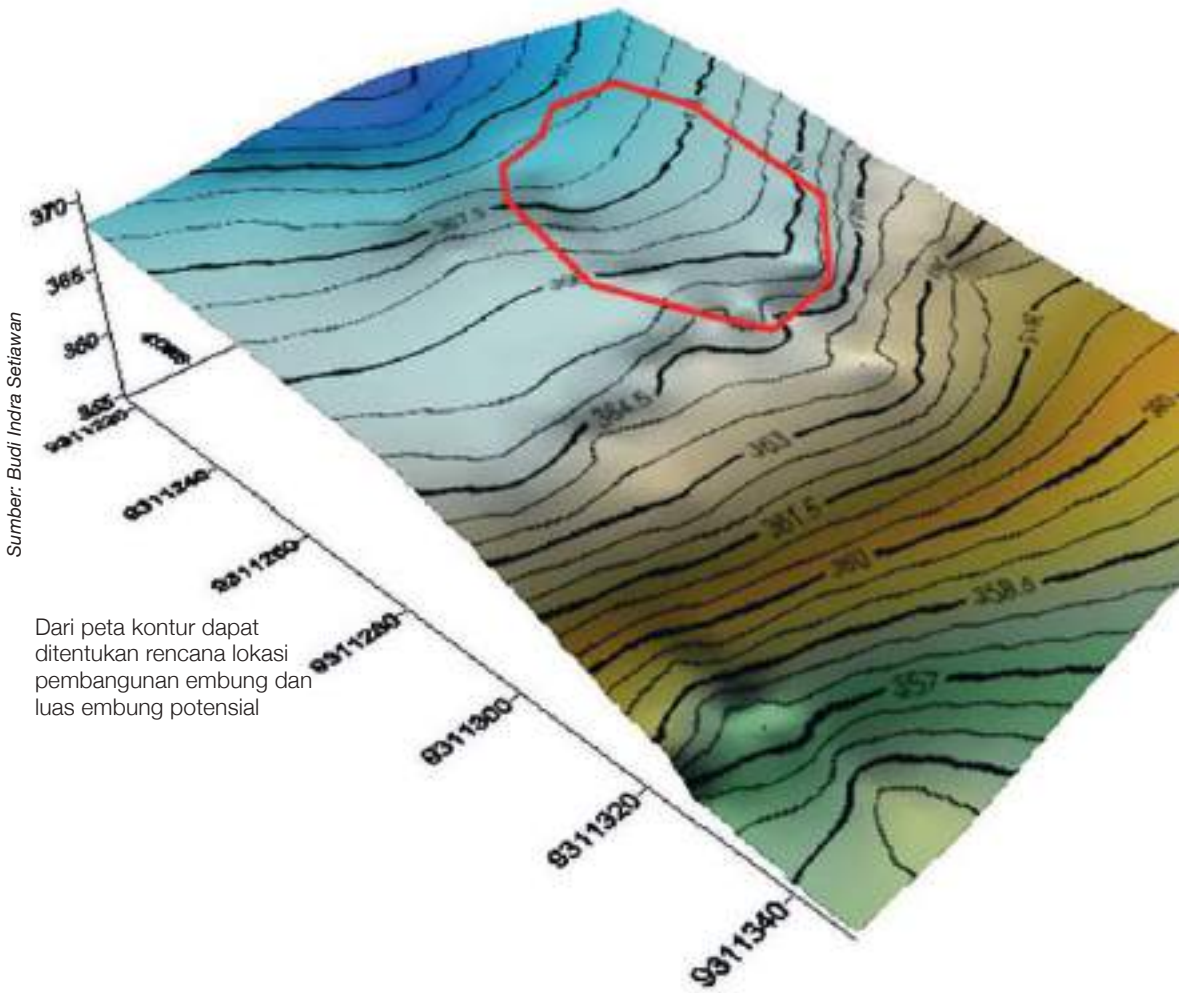
6. Penentuan Lokasi Tempat Aliran Permukaan Berkumpul

Untuk mengetahui lokasi terbentuknya genangan air, diperlukan peta kontur tiga dimensi (3D). Peta kontur 3D dapat dibuat dengan mudah menggunakan perangkat lunak *Surfer 10* berdasarkan data pemetaan lahan yang sudah dilakukan sebelumnya. Agar berfungsi secara optimal, embung sebaiknya dibangun di



Sumber: Budi Indra Setiawan

Peta kontur tiga dimensi untuk mengetahui lokasi terbentuknya genangan air



Sumber: Budi Indra Setiawan

Dari peta kontur dapat ditentukan rencana lokasi pembangunan embung dan luas embung potensial

daerah hulu. Embung yang dibangun di hulu mempunyai jangkauan daerah irigasi yang jauh lebih besar serta energi potensial gravitasi yang tinggi sehingga dapat menekan biaya operasional distribusi air. Luas embung ditentukan berdasarkan ketersediaan lahan dan menyesuaikan kontur di lokasi.

Hal lain yang juga perlu dilakukan adalah mengestimasi luas genangan pada kejadian hujan harian maksimal periode ulang 5 tahun. Data itu sangat berguna untuk menentukan kedalaman dan luas embung yang akan dibuat.

7. Penentuan Kedalaman, Luas, dan Volume Genangan

Kedalaman embung umumnya berkisar 2–4 m. Sebelum menentukan kedalaman, perlu dilakukan uji geoteknik kekerasan tanah (uji sondir atau *standard penetration test*). Apabila tanah tersebut tingkat kekerasannya kecil dan mampu digali lebih dari 4 m maka lokasi tersebut layak untuk dijadikan lokasi embung. Namun, apabila hasil uji menunjukkan hasil sebaliknya, harus dicari lokasi lain atau membangun embung dengan kedalaman maksimal mengikuti hasil uji sondir tersebut.

Kedalaman embung erat kaitannya dengan volume genangan. Oleh karena itu, perlu diketahui kebutuhan air daerah yang akan diairi oleh embung. Misal, daerah A mempunyai kebutuhan air domestik dan pertanian sebesar 25 m^3/hari atau 2.250 m^3 per 3 bulan maka embung harus mampu menampung minimal 2.250 m^3 air. Apabila luas embung 1.200 m^2, berarti kedalaman minimal embung adalah 1,8 m.

Kedalaman embung bisa mengikuti persamaan berikut:

$$H_{rencana} = \frac{V_{tot}}{A}$$

keterangan:

$H_{rencana}$: kedalaman embung minimal (m)
V_{tot} : volume kebutuhan air domestik daerah (m^3)
A : luas embung rencana (m^2)

Nilai $H_{rencana}$ sebaiknya dibulatkan ke atas agar melebihi kapasitas minimal. Untuk contoh kasus di atas, kedalaman rencana sebaiknya 2 atau 3 m, bukan 1,8 karena pengurangan volume air di embung tidak hanya berasal dari pemakaian, tetapi juga dari sedimentasi dan evaporasi. Untuk infiltrasi dapat ditekan hingga 0 mm apabila embung dilapisi dengan geomembran.

C. Rancangan Embung

Setelah mengetahui lokasi yang tepat, tahap selanjutnya adalah merancang pembangunan embung. Rancangan embung terdiri atas luas dan bentuk embung yang akan dibangun. Contohnya embung Angsoka yang berada di Desa Plenga'an Daya, Kecamatan Tlanakan, Kabupaten Pamekasan, Provinsi Jawa Timur. Tanggul embung dibuat dengan metode *cut & fill* tanah setempat. Embung berbentuk persegi panjang dengan panjang luar 52,22 m dan lebar luar 40,22 m serta tinggi dari dasar 2,01 m. Penampang melintang embung berbentuk trapesium dengan kemiringan dindingnya 2,01 m: 4,25 m. Lantai dasarnya memiliki panjang 31,5 m dan lebar 21,5 m. Tinggi air maksimum adalah 2 m sehingga kapasitas tampangnya 3.000 m^3.

Di bagian dasar embung terdapat kolam kuras berupa ceruk yang bisa digunakan juga sebagai tempat berkumpul ikan bila terjadi kekeringan. Rencananya, embung itu dilapisi geomembran dan untuk mengunci ujungnya di bagian tanggul dibuatkan angkur. Pada angkur ini ujung geomembran dilipat, dibenamkan, dan ditimbun tanah kemudian dipadatkan. Rancangan embung juga harus meliputi kolam kuras, pipa irigasi, bak kontrol, limpasan air, saluran *inlet*, sumur resapan, dan pagar.

Pagar keliling dipasang untuk menjaga kondisi embung serta menghindari penggunaan air untuk keperluan lain selain peruntukannya. Pagar juga berfungsi untuk menjaga embung dari masuknya ternak atau digunakan anak-anak untuk berenang. Pagar bisa terbuat dari kawat berduri yang dipasang di antara pipa besi yang ditanam menggunakan pondasi beton berukuran 30 cm x 30 cm x 30 cm.

Berdasarkan gambar perancangan dilakukan perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) pekerjaan embung yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. *Bill of quantity* (BOQ) pekerjaan embung Angsoka Pamekasan, Jawa Timur

Pekerjaan	Satuan	Volume
Persiapan		
- Pengukuran/pematokan	ls	1,00
- Pembuatan papan nama proyek	bh	1,00
Pekerjaan Tanah		
- Pembersihan lahan/semak-semak	m^2	2.279,00
- Penggalian tanah	m^3	916,15
- Penimbunan dan pemadatan tanah (dari bahan galian setempat)	m^3	889,43
Pekerjaan geomembran HDPE		
- Pengadaan geomembran HDPE 1.00 mm	m^2	1.702,96
- Pemasangan geomembran	m^2	1.702,96
Pekerjaan konstruksi		
- Pengadaan pipa HDPE Φ 300 mm	m	12,00
- Pengadaan pipa HDPE Φ 150 mm	m	14,00
- Pengadaan pipa HDPE Φ 110 mm	m	6,00
- Pemasangan pipa HDPE Φ 300 mm (penguras)	m	12,00
- Pemasangan pipa HDPE Φ 160 mm (pemompaan)	m	12,00
- Pemasangan pipa HDPE Φ 160 mm (inlet)	m	2,00
- Pemasangan pipa HDPE Φ 110 mm (sumur resapan)	m	6,00
- Pemasangan batu untuk *overflow*	m^3	2,10
- Baton, (P x L x T = 2 m x 2 m x 0,2 m)	m^3	0,80
- Bak kontrol pipa pemompa	ls	1,00
- Bak kontrol pipa penguras	ls	1,00
- Beton saluran inlet	ls	1,00
- Pengadaan dan pemasangan *velve* 300 mm	bh	1,00
- Pengadaan dan pemasangan *velve* 160 mm	bh	1,00
- Pengadaan dan pemasangan *stainer*	bh	1,00
Pemasangan pagar		
- Penggalian tanah (lubang 0,3 m x 0,3 m x 0,3 m)	m^3	10,90
- Pondasi dan tiang pagar (per 3 m)	buah	70,00
- Pemasangan kawat pagar	ls	1,00
- Pengurugan kembali	m^3	8,70
Pekerjaan Finishing		
- Pembersihan	ls	1,00
- Komisioning	ls	1,00

Sumber: Setiawan et al. (2016)

D. Pembangunan Embung

1. Penggalian Tanah

Penggalian tanah dilakukan menggunakan *backhoe*. Untuk embung kapasitas 3.000 m^3, penggalian selesai tidak lebih dari 10 hari. Lembaran geomembran bisa langsung digelar dan dapat diselesaikan dalam waktu 2 hari.



Sumber: metrojateng.com

Penggalian tanah untuk pembangunan embung

2. **Pemasangan** Geomembran

Pemasangan geomembran harus dilakukan secara hati-hati. Sebelum geomembran dipasang, permukaan tanah diratakan, dihaluskan, dan dipadatkan terlebih dahulu. Batu-batu atau benda-benda tajam dibuang karena bisa merusak geomembran. Pemasangannya pun harus mengikuti rekomendasi yang dikeluarkan pabrik di bawah pengawasan tenaga teknis yang terlatih.



Sumber: PU SDA Jatim

Pemasangan **geomembran** harus dilakukan secara hati-hati

3. Penyambungan Geomembran

Penyambungan antarlembaran geomembran dapat menggunakan alat penyambung otomatis *Hot Wedge Welder* yang dapat bergerak sendiri dengan kecepatan tertentu setelah diprogram. Penyambungan geomembran pada pipa HDPE dilakukan dengan alat sambung *Extrusion Welder* secara manual. Setelah seluruh permukaan embung dilapisi geomembran, dilakukan pengecekan atau inspeksi terutama pada sambungan-sambungannya. Pada beberapa kasus, perlu juga dilakukan uji tarik dan uji kebocoran pada sambungan untuk mengetahui kekuatannya dan kemungkinan adanya kebocoran.

4. Pengisian Air

Setelah selesai dilapisi geomembran, embung bisa langsung diisi air. Karena biasanya pembuatan embung dilakukan pada musim kemarau, pengisian air harus menunggu musim hujan. Bila hujan datang terlalu lama, pengecekan

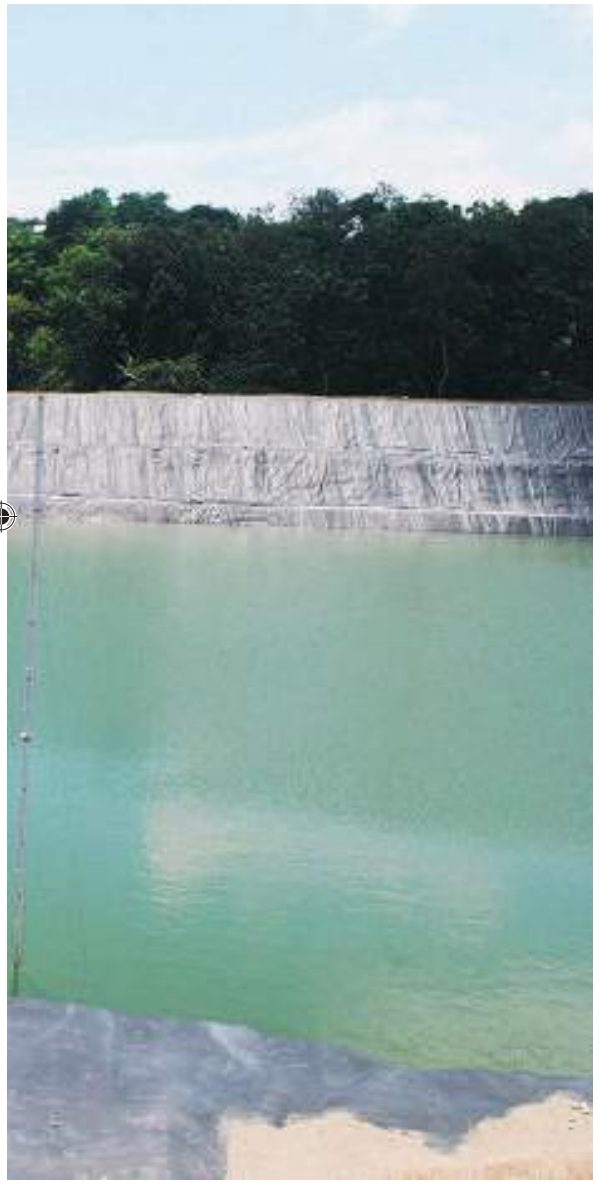


Sumber: krjogja.com

Setelah selesai dilapisi **geomembran**, embung bisa langsung diisi air

geomembran harus rutin dilakukan. Embung bisa mulai diisi air kalau sudah tidak terjadi kebocoran.

Setelah embung terisi air harus dipantau kondisi muka airnya, misalnya dengan memasang meteran air untuk mengukur kedalaman muka air. Untuk mengecek ada atau tidak adanya kebocoran bisa dilakukan pengukuran evaporasi, misalnya menggunakan pan evaporator, dan membandingkannya dengan laju penurunan muka air. Bila penurunan muka air lebih besar dari laju evaporasi bisa dipastikan ada kebocoran.



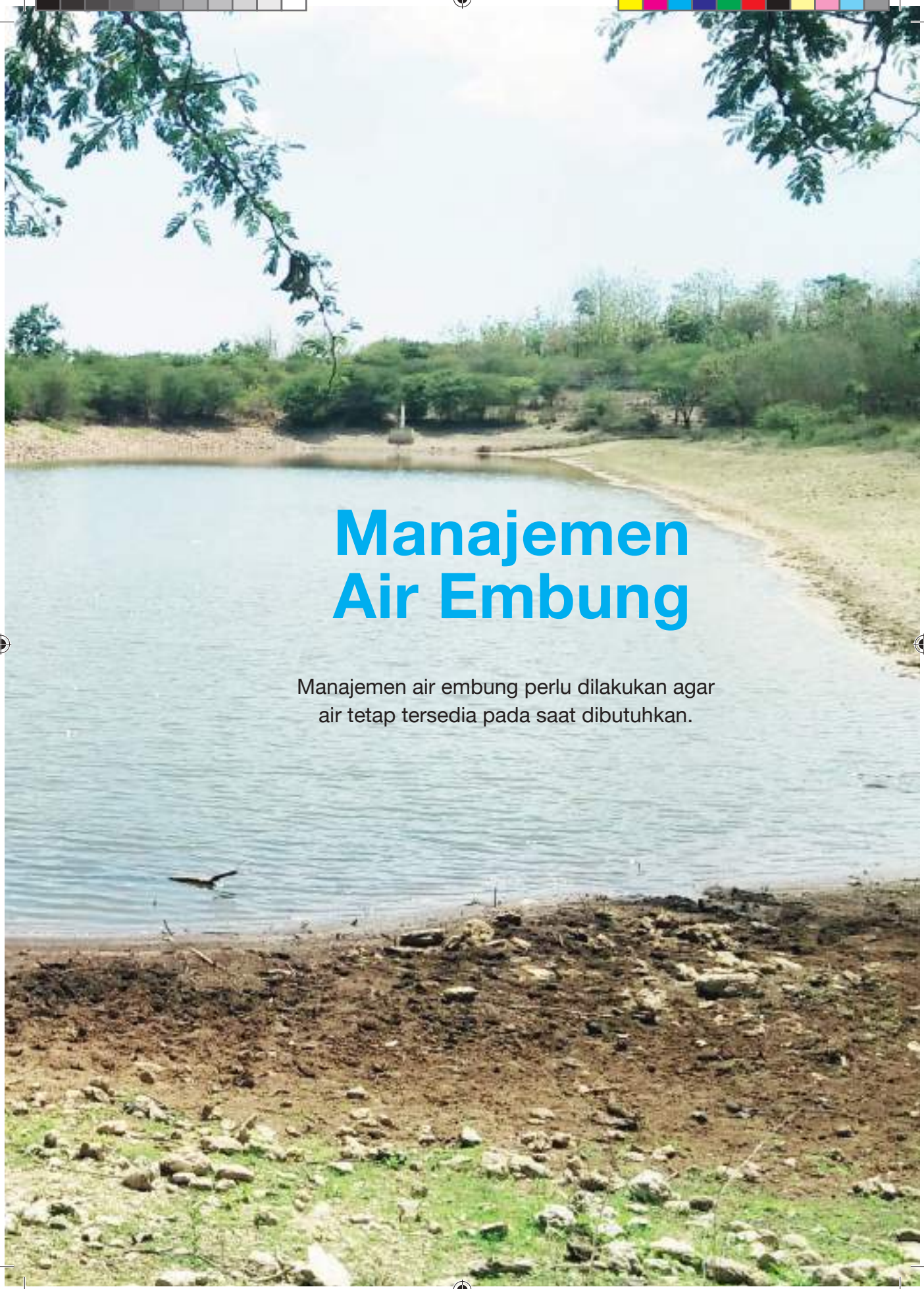
5. Pemanfaatan Air

Sebelum dimanfaatkan untuk irigasi dan berbagai keperluan lainnya, harus dipasang pagar di sekeliling embung dan juga papan pengumuman yang berisi informasi larangan memasuki embung kecuali petugas. Mengingat embung cukup dalam, larangan mandi atau berenang pun diberlakukan untuk menghindari bahaya tenggelam.

Kebersihan air embung harus dijaga karena air embung dapat juga menjadi sumber air bersih untuk mandi dan minum. Tata kelola pemanfaatan dan pemeliharaan embung harus disepakati oleh para pengguna sesuai dengan prosedur teknis yang diberikan, termasuk sanksi-sanksi bila terjadi pelanggaran. Umpamanya, menyedot air langsung menggunakan pompa sendiri. Pada intinya, air embung harus benar-benar digunakan secara hemat mengingat tujuannya untuk mengantisipasi kekurangan air pada musim kemarau. Penting adanya perencanaan penggunaan air dengan mempertimbangkan kondisi cuaca.***



Manajemen air embung perlu memerhatikan konservasi air (Sumber: Pustaka - Kementan)



Manajemen Air Embung

Manajemen air embung perlu dilakukan agar air tetap tersedia pada saat dibutuhkan.

Manajemen air dalam embung akan optimal jika memerhatikan konservasi air. Konservasi memiliki pengertian upaya memelihara dan mengelola lingkungan dan sumber daya alam secara bijaksana. Ide itu dikemukakan oleh Theodore Roosevelt (1902) yang merupakan orang Amerika pertama yang mengemukakan tentang konsep konservasi.

A. Konservasi Air

Konservasi sumber daya air adalah upaya memelihara keberadaan serta keberlanjutan keadaan, sifat, dan fungsi air agar senantiasa tersedia dalam kuantitas dan kualitas yang memadai untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup, baik pada waktu sekarang maupun yang akan datang. Tujuan pengelolaan sungai, danau, dan waduk untuk konservasi sumber daya air adalah untuk pencegahan banjir dan kekeringan, pencegahan erosi dan sedimentasi, pencegahan kerusakan bantaran sungai, pencegahan pencemaran sumber air, dan juga untuk menghindari konflik dan degradasi sumber daya alam dan lingkungan.



Sumber: dompubicara.com

Salah satu tujuan pengelolaan sungai, danau, waduk, dan embung adalah untuk konservasi sumber daya air dan pencegahan banjir





Sumber: jogja.tribunnews.com

Penentuan kapasitas embung perlu direncanakan secara matang, apalagi jika curah hujan di lokasi embung tinggi

Sumber daya air dapat dikelola oleh suatu badan usaha atau swasta, tetapi pengelolaannya khususnya penggunaannya harus proporsional karena kenyataannya, air permukaan (air sungai) cukup banyak yang tidak dikelola secara profesional. Apabila sumber daya air dikelola secara profesional dan penggunaannya proporsional antara kepentingan badan usaha dan kepentingan masyarakat luas, akan menambah pendapatan yang pada akhirnya akan bermuara pada kesejahteraan masyarakat.



Sumber daya air yang merupakan bagian dari kekayaan alam dikuasai oleh negara dan dipergunakan secara lestari untuk kemakmuran rakyat, sebagaimana termaktub dalam Pasal 33 Ayat 3 UUD 1945. Ketetapan ini ditegaskan kembali dalam Pasal 1 Undang-Undang Pokok Agraria Tahun 1960 bahwa bumi, air, dan ruang angkasa, termasuk kekayaan alam yang terkandung di dalamnya, dalam wilayah Republik Indonesia sebagai karunia Tuhan Yang Maha Esa merupakan kekayaan nasional.

Sumber daya air memberikan manfaat serbaguna untuk mewujudkan kesejahteraan bagi seluruh rakyat di segala bidang, baik sosial, ekonomi, budaya, politik maupun ketahanan nasional. Dalam UU No 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air Bab I Ayat I ditegaskan bahwa sumber daya air mencakup air, sumber air, dan daya (potensi) air yang terkandung di dalamnya. Dalam UU tersebut, Ayat 2 menegaskan bahwa istilah air mencakup semua air yang terdapat pada, di atas atau di bawah permukaan tanah, dalam hal ini termasuk air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat. Secara keseluruhan, konservasi sumber daya air dalam UU tersebut Ayat 18 mencakup upaya memelihara keberadaan serta keberlanjutan keadaan, sifat, dan fungsi sumber daya air agar senantiasa tersedia dalam kuantitas dan kualitas yang memadai untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup, baik pada waktu sekarang maupun yang akan datang.

B. Manajemen Air

Secara sederhana, embung berfungsi untuk menampung air hujan ketika musim hujan. Jika kapasitas embung penuh, air limpasan diarahkan ke tempat aman agar tidak membahayakan sekitar. Oleh karena itu, penentuan kapasitas embung perlu direncanakan secara matang, apalagi jika curah hujan di lokasi embung tinggi. Keadaan banjir pada embung tidak akan terjadi jika manajemen air yang baik juga diterapkan di lingkungan sekitar embung, di antaranya menanam vegetasi di sekitar embung.

Embung yang dibangun di area yang tinggi bisa memangkas biaya pembuatan saluran irigasi karena air mengalir ke lokasi sasaran secara gravitasi. Contohnya



Sumber: Pustaka-Kementan

Embung yang dibangun di dataran lebih tinggi bisa memangkas biaya pembuatan saluran irigasi

embung di Nglanggeran, Kabupaten Gunung Kidul, Yogyakarta. Air embung dimanfaatkan untuk mengairi lahan kebun buah di area sekitar embung yang berada di lokasi yang lebih rendah. Air dari embung mengalir ke lahan melalui tiga tingkat pipa dengan tenaga gravitasi tanpa memerlukan pompa air. Pipa primer berdiameter 4 inci mengalirkan air dari saluran keluar di dasar embung. Pipa primer berujung di percabangan dengan beberapa pipa sekunder berdiameter 2 inci. Air selanjutnya mengalir ke ujung pipa sekunder dan disambut beberapa pipa tersier berdiameter 1 inci. Dari ujung pipa tersier itu air mengalir ke keran-keran di lahan. Setiap keran terpisah jarak sejauh 50 m. Jika lokasi embung berada di bawah sasaran irigasi, diperlukan tambahan pompa sehingga anggaran saluran irigasi bisa membengkak.***

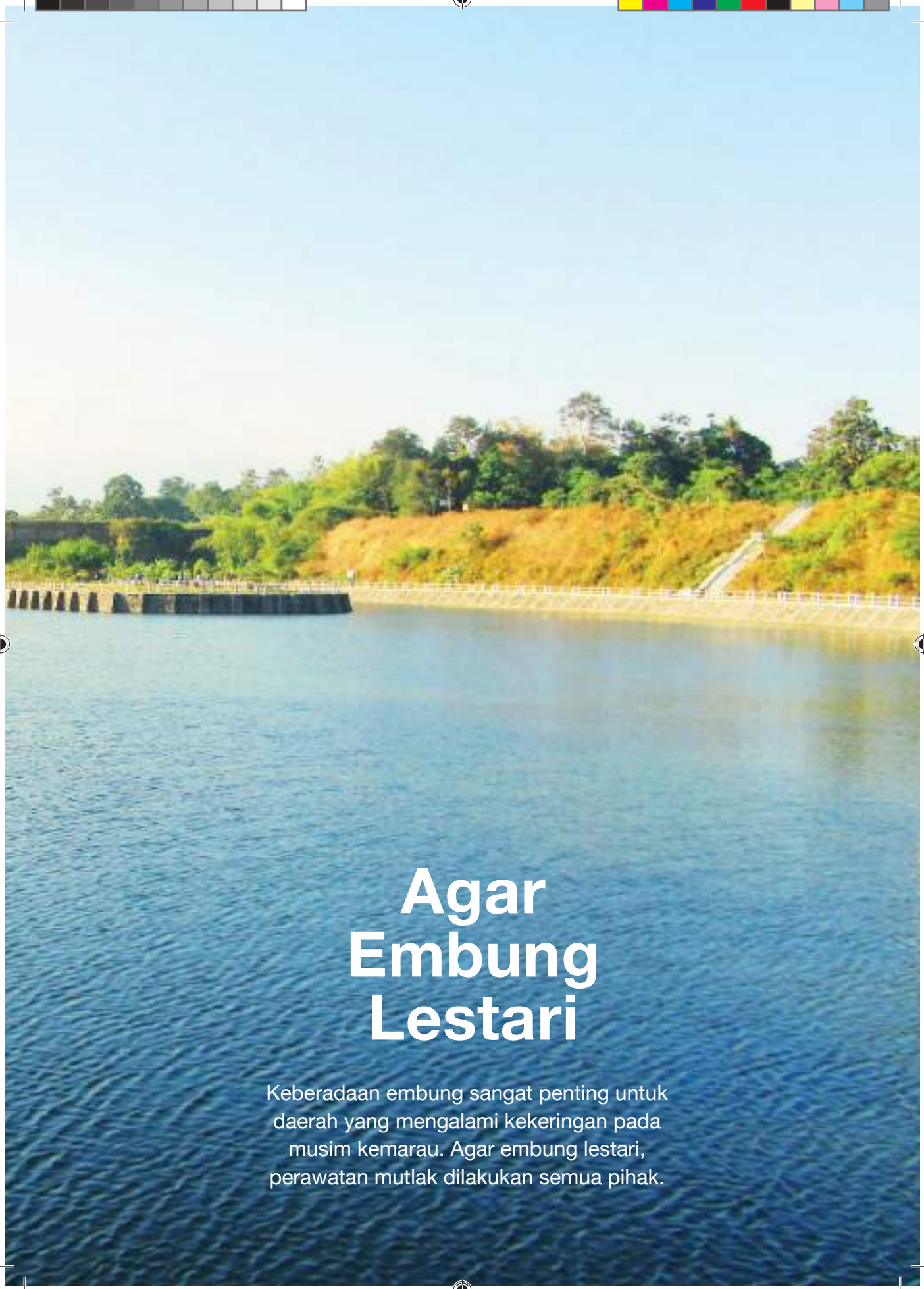


Sumber: Pustaka-Kementan

Pipa kerap digunakan untuk mengalirkan air dari embung untuk sasaran irigasi



Embung Tambakmoyo di
Yogyakarta
(Sumber: backpackology.me)



Agar Embung Lestari

Keberadaan embung sangat penting untuk daerah yang mengalami kekeringan pada musim kemarau. Agar embung lestari, perawatan mutlak dilakukan semua pihak.

Embung merupakan waduk berukuran mikro di lahan pertanian (*small farm reservoir*) yang dibangun untuk menampung air hujan dan dimanfaatkan pada musim kemarau, baik untuk mengairi tanaman maupun keperluan lain. Embung di Indonesia umumnya berupa embung kecil dan embung irigasi.

A. Masalah Embung

Masalah dalam pengelolaan dan pemanfaatan embung pada umumnya adalah penurunan fungsi embung, ditandai dengan berkurangnya kapasitas air yang tertampung, sedimentasi atau penumpukan material di dasar embung, rembesan, tumbuhnya tanaman liar di bendung/tanggul, dan erosi. Masalah tersebut harus mendapat perhatian serius sebab jika tidak ditangani, lama-kelamaan akan menyebabkan kegagalan struktur embung. Dampaknya, kebutuhan air untuk pengairan tidak terpenuhi dan nilai efisiensi sistem embung menurun.

Notoatmojo et al. pada 2001 melakukan survei di Nusa Tenggara Timur dan menemukan nilai efisiensi sistem embung irigasi hanya 67%. Nilai tersebut dihitung berdasarkan perbandingan antara nilai penyaluran air dan nilai pemakaian air. Terkait hal itu, Hermantoro pada 2011 mengemukaan bahwa efektivitas embung sebagai cadangan air pada musim kemarau sangat bergantung pada besarnya nilai kehilangan air melalui evaporasi atau penguapan, rembesan pada dinding embung, dan perkolasi.

Beberapa embung irigasi di Timor, khususnya embung Haliwen dan Haekrit di Kabupaten Belu, mengalami permasalahan di atas. Tanda yang paling menonjol adalah berkurangnya volume tampung air dan kehilangan air. Hasil penelusuran terhadap kedua embung tersebut (hasil survei pada 2017) menunjukkan kehilangan air cukup besar, sekitar 5 m dari muka air normal. Sementara pemeliharaan kurang berjalan baik, Perkumpulan Petani Pemakai Air Irigasi (P3AI) tidak berfungsi, dan peran pemerintah daerah terbatas. Hal itu menunjukkan titik lemah pengelolaan jika embung dipandang sebagai aset negara. Dengan demikian, pengambilan keputusan penentuan program pemeliharaan aset irigasi seperti embung, perlu mempertimbangkan beberapa kriteria mencakup aspek manajemen, finansial, daya saing wilayah, transparansi (Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 2006), nilai keberfungsian aset, kerusakan, dan nilai manfaat.



Sumber: Pustaka - Kementan

Berkurangnya kapasitas air yang ditampung karena sedimentasi dapat menurunkan fungsi embung

Sementara, Anggraini (2004) menyatakan bahwa keberlanjutan sistem irigasi dipengaruhi oleh aspek fisik, ekonomi, sosial budaya, dan kebijakan pemerintah. Aspek fisik dan ekonomi memiliki pengaruh yang kuat atau mempunyai tingkat kepentingan yang tinggi terhadap keberlanjutan suatu sistem irigasi yang ditunjang dengan aspek kebijakan dan sosial budaya.

Ernanda (2013) pada penilaian aset irigasi menyatakan bahwa pelaksana lapang (juru pengairan/pengamat) hanya berorientasi pada kerusakan dan ketidakberfungsian struktur bangunan irigasi, belum memadukan nilai kondisi/keberfungsian antarkomponen aset struktur, bangunan ukur, dan pintu. Hal itu menyebabkan terjadinya perbedaan dalam penilaian sehingga penetapan prioritas menjadi bergeser. Oleh karena itu, perlu dilakukan peningkatan kemampuan petugas lapang dalam penilaian kondisi dan keberfungsian aset agar urutan prioritas pemeliharaan obyektif, akurat, dan mempertimbangkan dampak finansial aset bagi peningkatan daya saing wilayah.

Wiradnyana (2013) mengemukakan, agar sistem tampungan air seperti embung berkelanjutan, partisipasi masyarakat pengguna air dalam operasi dan pemeliharaan (O&P) embung sangat diperlukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa partisipasi masyarakat dalam O&P embung di Kabupaten Karangasem memberikan pengaruh yang signifikan terhadap keberlanjutan embung. Variabel yang berpengaruh terhadap O&P embung adalah organisasi, pendanaan, dan sumber daya manusia (SDM).

B. Perawatan Embung

Perawatan embung meliputi perawatan stabilitas struktur serta perawatan fisik dan lingkungan. Kegiatan ini dipengaruhi oleh kondisi ekonomi/finansial, kebijakan pemerintah, dan sosial budaya.



Sumber: jejakpiknik.com

Embung Batara Sriten di Kabupaten Gunung Kidul, Yogyakarta

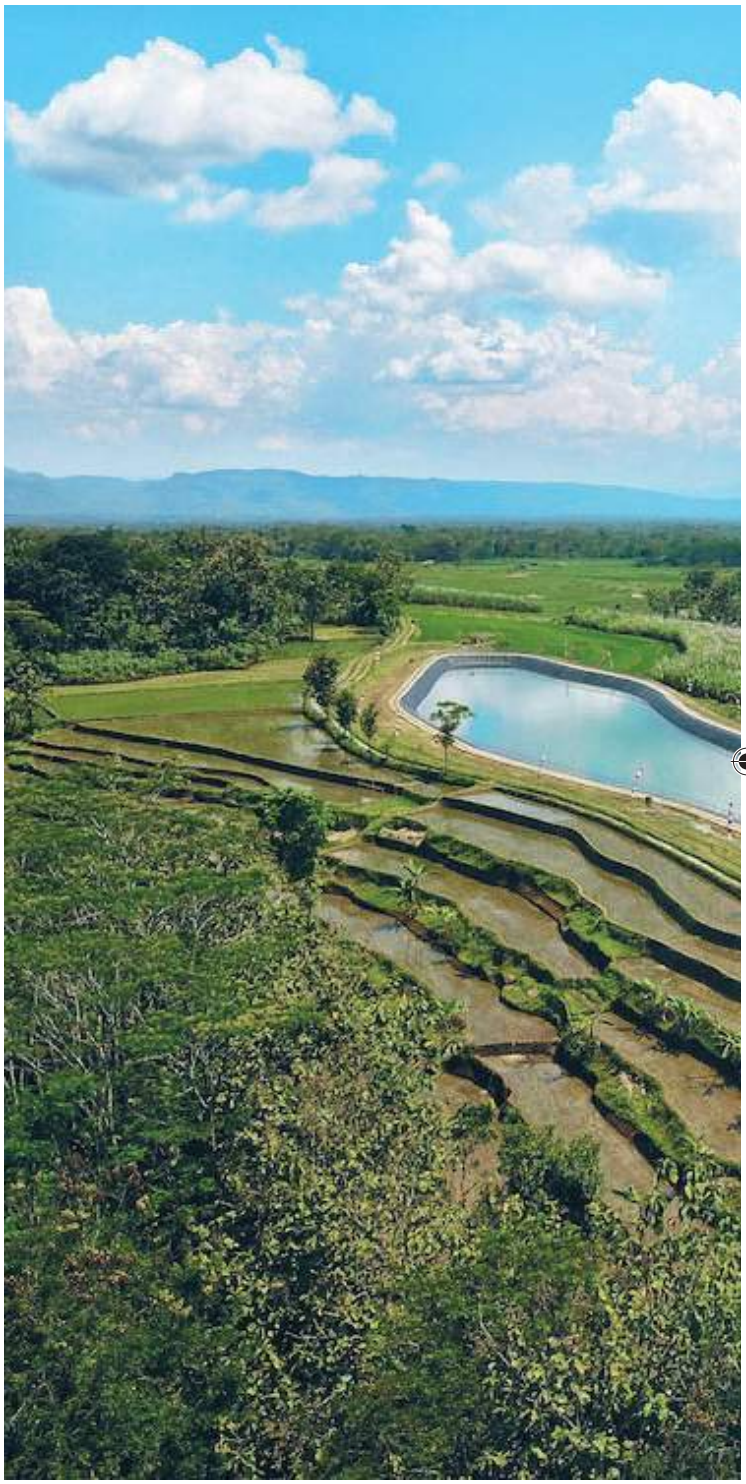
1. Perawatan Stabilitas Struktur

Perawatan stabilitas struktur meliputi perawatan tubuh bendungan, kolam embung, *spillway*, bangunan bantu, dan jaringan distribusi air. Perawatan stabilitas struktur dapat mengoptimalkan fungsi embung. Jika stabilitas struktur tidak dirawat secara berkala tentu fungsi optimal embung akan berkurang.



2. Perawatan Fisik dan Lingkungan

Perawatan fisik dan lingkungan meliputi perubahan bentangan alam, curah hujan dan evapotranspirasi, struktur tanah sekitar embung, dan tanaman pengganggu sekitar embung. Faktor eksternal dari embung pun harus diperhatikan karena bisa berpengaruh pada embung. Contohnya, jika struktur tanah di sekitar embung kurang kokoh, imbasnya tubuh bendungan embung akan rusak.



Sumber: marischkaprudence.blogspot.com

Perawatan fisik dan lingkungan sekitar embung menunjang optimalisasi embung



3. Ekonomi Finansial

Faktor ekonomi yang perlu diperhatikan dalam menunjang optimalisasi fungsi embung yaitu biaya pembangunan embung, produksi pertanian, nilai manfaat ekonomi embung, dan dana investasi. Perhitungan dan evaluasi secara berkala penting dilakukan dalam perawatan embung. Tujuannya untuk mengkaji kelayakan investasi pembuatan dan perawatan embung. Biaya perawatan embung harus berkorelasi positif dengan produksi pertanian. Artinya, pada kondisi ideal produksi pertanian harus jauh di atas biaya perawatan embung.

4. Kebijakan Pemerintah

Kebijakan pemerintah meliputi pembangunan sarana dan prasarana, rencana tata ruang wilayah, penyediaan anggaran pemeliharaan, manajemen air, dan aspek kelembagaan atau organisasi. Kebijakan pemerintah sangat berperan



Sumber: Pustaka-Kementan

Kebijakan pemerintah sangat berperan dalam perawatan embung



Sumber: Pustaka-Kementan

Peran masyarakat dalam operasional dan perawatan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap keberlanjutan embung

dalam perawatan embung. Embung merupakan infrastruktur yang menunjang pertanian sebagai sumber irigasi di suatu tempat. Kebijakan pemerintah yang peduli terhadap infrastruktur dan pertanian tentu menunjang optimalisasi embung di suatu daerah.

5. Sosial Budaya

Sosial budaya meliputi partisipasi masyarakat, kearifan lokal atau hukum adat, dan pengembangan kepariwisataan. Perawatan embung tentu tidak terlepas dari unsur sosial. Musababnya manusia adalah makhluk sosial yang dengan kecerdasannya membuat dan memanfaatkan embung sebagai sarana irigasi pertanian maupun peruntukan lainnya.

Makin banyak masyarakat yang aktif dan peduli akan embung tentu membuat potensi embung optimal. Apalagi jika diatur oleh kearifan lokal atau hukum adat yang mengharuskan masyarakat merawat embung. Pada tahap lebih lanjut, jika sudah mengembangkan embung sebagai pariwisata, ibarat sambil menyelam minum air. Artinya fungsi embung sebagai sumber irigasi pertanian tidak berkurang dan bisa menghasilkan nilai tambah dari pariwisata. Namun, perlu pengelolaan yang intensif dengan membentuk suatu kelompok atau organisasi jika embung sudah masuk pada tahap lanjut sebagai tujuan pariwisata.***



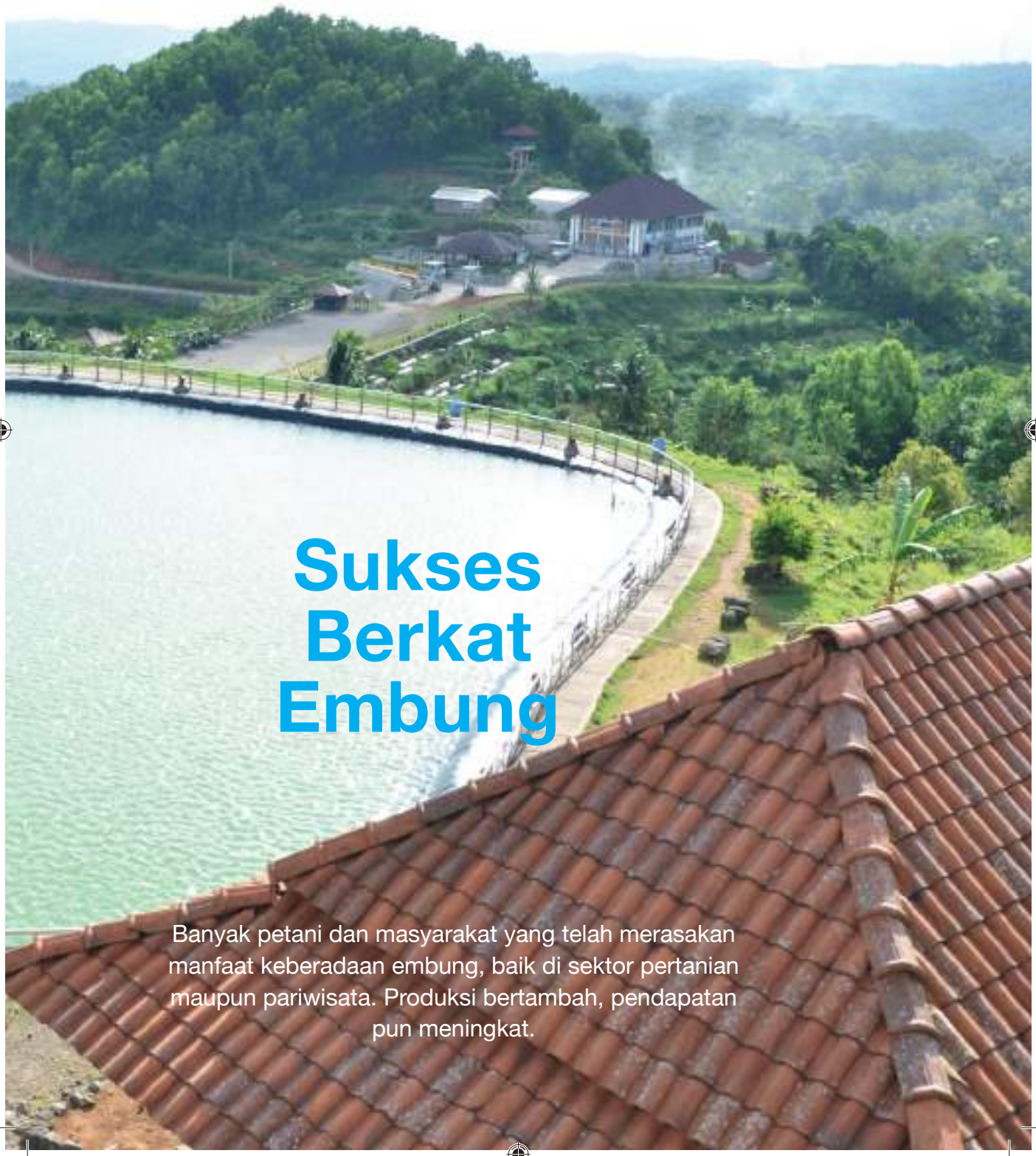
Sumber: kaltara.prokal.co

Embung Geomembran di Desa Tanjung Lapang, Kecamatan Malinau Barat kerap dimanfaatkan sebagai tempat wisata





Embung di Kabupaten
Gunung Kidul, Yogyakarta
(Sumber: Trubus)



Sukses Berkat Embung

Banyak petani dan masyarakat yang telah merasakan manfaat keberadaan embung, baik di sektor pertanian maupun pariwisata. Produksi bertambah, pendapatan pun meningkat.

A. Embung dan Wisata

Air bersih itu mengucur deras untuk menyiram pohon buah. Sumiran, petani di Kabupaten Gunung Kidul, Yogyakarta, mengarahkan ujung selang ke pohon durian monthong setinggi 1,5 m yang berumur hampir 3 tahun. Ia mengelola 80 pohon durian yang mendapat jatah air setiap hari sekali. Air untuk menyiram itu bukan air tanah atau kiriman dari mobil tangki. Ia menggunakan air hujan yang tertampung dalam danau mini atau embung. Embung di sisi selatan gunung purba Nglanggeran, Kabupaten Gunung Kidul, Yogyakarta, itu berketinggian 450 m di atas permukaan laut (dpl). Sementara ketinggian puncak gunung purba yang terangkat dari dasar laut sekitar 62-juta tahun lalu itu sekitar 700 m dpl.

Embung berukuran 40 m x 70 m dengan kedalaman air ketika penuh 4 m itu mampu menampung 12.000 m^3 air hujan. Air sebanyak itu untuk mengairi 20 ha lahan dalam radius 1 km dari embung. Dari total lahan 20 ha, 11,5 ha merupakan tanah Kesultanan Yogyakarta. Sisa tanah milik 81 kepala keluarga—yang dijuluki inti, akronim dari petani inti—termasuk Sumiran. Setelah embung dibangun, lahan sekitar embung ditanami 3.100 tanaman buah. Sebanyak 2.800 di antaranya adalah durian



Sumber: Trubus

Ragam pohon buah tumbuh baik setelah adanya embung



monthong dan chanee, sisanya lengkeng itoh. Yayasan Obor Tani yang menjadi konsultan pembangunan embung mengingatkan pemanfaatan air hanya untuk penyiraman tanaman buah.

Warga tetap boleh menanam tanaman semusim, tetapi penyiramannya tidak boleh menggunakan air dari embung. Maklum, dasar perhitungan kapasitas embung adalah kebutuhan air tanaman buah selama 6 bulan kemarau. Tanaman semusim memerlukan lebih banyak air sehingga mengurangi daya dukung embung. Jika lahan ditanami cabai, misalnya, maka embung itu hanya mampu mengairi 4 ha lahan.



Sumber: Pustaka-Kementan

Alat berat diperlukan untuk pembuatan embung terutama membuat akses ke lokasi embung

Kebutuhan air pohon buah produktif 10 liter per hari. Berdasarkan asumsi itu, kebutuhan air setiap pohon selama 6 bulan kemarau adalah 1.800 liter alias 1,8 m^3. Itu berarti kapasitas embung Nglanggeran yang mencapai 12.000 m^3 mampu mencukupi kebutuhan air 6.667 pohon buah produktif selama 6 bulan kemarau. Air dari embung mengalir ke lahan melalui tiga tingkat pipa dengan tenaga gravitasi, tanpa memerlukan pompa air. Pipa primer berdiameter 4 inci mengalirkan air dari saluran keluar di dasar embung. Pipa primer berujung di percabangan dengan beberapa pipa sekunder berdiameter 2 inci. Air terus mengalir ke ujung pipa sekunder dan disambut beberapa pipa tersier berdiameter 1 inci. Dari ujung pipa



tersier itu air mengalir ke keran-keran di lahan. Setiap keran terpisah jarak sejauh 50 m.

Embung Nglanggeran dibuat dengan "memangkas" sebuah bukit bernama Gunung Gandu. Penempatan embung di titik tertinggi bertujuan agar air bisa mengalir ke titik terjauh tanpa memerlukan pompa. Buldozer membuat jalan akses untuk alat berat lain. Setelah itu ekskavator pembentuk mencukur bukit, sementara pembentukan dan perapian tanggul dikerjakan dengan ekskavator *finishing*.

Salah satu tahapan vital yang mutlak dilakukan adalah pemadatan dengan alat vibro roller berbobot minimal 12 ton. Tujuannya agar tanggul yang dibentuk dari tanah urukan sama padatnya dengan gundukan tanah yang terbentuk secara alami. Dasar embung diberi batu blondos—batu pecah bertepi bulat—dengan kemiringan mengarah ke saluran drainase untuk mengalirkan air limpasan atau bocoran. Setelah semua rampung, barulah lapisan geomembran digelar.

Geomembran adalah lembaran plastik polietilen densitas tinggi (HDPE) yang diberi lapisan khusus agar tahan sinar ultraviolet, panas, maupun air garam. Ketahanan geomembran minimal 10 tahun, bisa sampai 25 tahun, jauh lebih awet



Sumber: Pustaka-Kementan

Geomembran dipakai sebagai alas di embung Nglanggeran

ketimbang plastik biasa maupun terpal. Selama kemarau, air digunakan untuk menyiram tanaman buah di lahan sekitar embung. Pada akhir kemarau, air surut sampai tingkat terendah atau habis. Itu saat tepat untuk memperbaiki lapisan geomembran yang sobek, berlubang, atau terlepas sambungannya. Juga untuk membuang endapan yang ada di dasar embung agar kapasitas embung tetap terjaga.

Di bibir tanggul, ujung lapisan geomembran dibatasi dengan pagar agar tidak terinjak-injak. Maklum, pengunjung embung bukan hanya pengelola embung atau petani. Masyarakat menjadikan embung sebagai tempat melancong, terutama untuk menikmati pemandangan matahari terbenam.

Meskipun petani sekitar embung Nglanggeran umumnya menanam durian, lengkeng, dan kakao, bukan berarti petani inti di Nglanggeran tidak menikmati aliran rupiah saat tanaman mereka sedang tidak produksi. Selama 9 hari libur Lebaran pada Juli 2015, embung Nglanggeran menghasilkan Rp200-juta. Jumlah itu hanya dari tiket masuk parkir kendaraan tanpa memperhitungkan penjualan makanan di warung-warung dan suvenir di kawasan sekitar embung.





Sumber: Pokdarwis Nglanggeran

Embung Nglanggeran kerap dimanfaatkan sebagai tempat wisata dan sarana pendidikan bagi siswa sekolah



Itu sebabnya dari 81 anggota petani inti di Nglanggeran, sebanyak 60 orang melakoni peran ganda sebagai pengelola wisata. Pengunjung kebanyakan datang menjelang sore untuk menikmati pemandangan matahari terbenam dari tepi embung. Sebagian pelancong betah menghabiskan waktu hingga malam. Sejak awal, konstruksi embung dilengkapi lampu penerangan di jalan akses, tempat parkir, sampai tepi pagar.

Hal serupa juga terjadi di Dukuh Sriten, Desa Pilangrejo, Kecamatan Nglipar, Kabupaten Gunung Kidul. Embung Sriten yang diresmikan pada Maret 2015 menjadi magnet yang menarik pengunjung. Sisi timur dan barat embung Sriten terbuka sehingga pengunjung bisa menikmati matahari terbit maupun terbenam.

Efek terhadap ekonomi desa langsung terasa. Warga Pilangrejo, yang kebanyakan menanam ganyong *Canna edulis*, selama ini harus turun ke Yogyakarta atau Sleman untuk menjual produk tepung ganyong mereka. Hal serupa juga berlaku untuk gula kelapa produk Pilangrejo. Sejak embung Sriten dibuka, masyarakat memanfaatkan tepung ganyong dan gula merah untuk membuat dawet—minuman khas setempat. Pengunjung pun menjadikan tepung ganyong dan gula kelapa sebagai buah tangan. Permintaan tepung ganyong dan gula kelapa meningkat sehingga harganya ikut naik. Kondisi di Nglanggeran dan Pilangrejo membuktikan bahwa kehadiran embung menjadi pendorong ekonomi masyarakat.

B. Embung dan Tanaman Buah

Pemanfaatan embung untuk mengairi tanaman buah dapat dilihat di Bancak, Semarang (buah naga super red, panen sejak Maret 2013), dan Karanganyar di Musuk, Boyolali (durian monthong, panen sejak Februari 2014). Selain itu ada juga di Sadang, Kebumen (lengkeng itoh, panen sejak Maret 2014), dan Labuhan Kidul di Sluke, Rembang (mangga namdokmai dan arumanis, panen sejak September 2012).

Bedanya, embung-embung itu tidak menawarkan pemandangan spektakuler sehingga tidak menjadi objek wisata lokal. Namun, penghasilan dari buah sangat memuaskan. Hitung-hitungan Ir Budi Dharmawan, ketua Yayasan Obor Tani sekaligus penggagas pembuatan embung, populasi lengkeng itoh yang berbuah

pada umur 2,5 tahun mencapai 200 pohon per ha. Produksi mencapai 100 kg per pohon. Dengan harga jual per kg Rp7.500 saja, penghasilan petani mencapai Rp150-juta setahun.

Selain menyediakan rancangan teknis dan mengomandoi proses pembangunan embung, Yayasan Obor Tani sebagai konsultan juga mendampingi petani sampai 3 tahun pascapembangunan. Tujuannya mengajarkan sistem organisasi kelompok tani, teknik perawatan embung dan jaringan pipa, serta perawatan tanaman. Pasalnya kerusakan pipa akibat tidak sengaja terhantam cangkul kerap terjadi. Hal lain, tekanan air mengecil seiring pertambahan jarak dari embung sehingga penyiraman harus dijadwal.

Biaya pembuatan embung di daerah yang mudah diakses di Jawa berkisar Rp300-juta. Namun kalau kesulitannya ekstrem seperti Nglanggeran atau Sriten atau di luar Jawa yang harga materialnya lebih mahal, biaya pembuatan sebuah embung bisa mencapai Rp750-juta—Rp1-miliar.

Saat ini, provinsi yang paling getol membangun embung adalah Nusa Tenggara Timur. Hingga 2018, provinsi yang berbatasan dengan Timor Leste itu sudah membangun 100 embung. Target mereka 700 embung, jadi masih kurang 600 lagi.



Sumber: Pustaka-Kementan

Hingga 2018 Provinsi Nusa Tenggara Timur sudah membangun 100 embung

Embung lainnya yakni terdapat di Desa Karanggeneng, Kecamatan Gunungpati, Kota Semarang, Jawa Tengah. Embung yang kini pengelolaannya ditangani Dinas Pertanian itu terdiri atas dua danau dengan ukuran berbeda. Embung yang lebih atas, berkapasitas 1.000 m^3, lebih tinggi 2 m ketimbang danau bawah. Sementara itu embung bawah, yang hanya terpisah jarak 30 m, berkapasitas 2.500 m^3 atau mampu menampung 2,5-juta liter air. Pembuatan dua embung terpisah itu lantaran menyesuaikan kondisi lahan. Bukit untuk membuat embung itu mempunyai dua puncak dengan ketinggian berbeda.

Embung lain yang cukup unik berada di Kecamatan Kalibawang, Kabupaten Kulonprogo, Yogyakarta. Embung yang berada di sentra durian menoreh itu mengairi 3.000 pohon durian di lahan seluas 20 ha milik 111 petani inti. Sementara itu di Desa Kledung, Kabupaten Temanggung, Jawa Tengah, embung Kledung mengairi komoditas buah yang langka di tanah air, yaitu leci dan kesemek. Pohon-pohon itu milik 27 keluarga petani di sekitar embung. Kecamatan itu berada di kaki Gunung Sindoro, salah satu sentra hortikultura Jawa Tengah.

C. Embung dan Lahan Pertanian

Di Desa Ciomas, Kecamatan Tenjo, Kabupten Bogor ada dua embung, yaitu embung Ciomas dan embung Cigading. Kedua embung itu dibangun oleh Kementerian Pertanian pada 2015 dengan melibatkan kelompok tani melalui sistem swakelola.

Embung Ciomas luasnya sekitar 500 m^2 dengan kedalaman 2 m. Embung itu dikelola oleh Kelompok Tani Sepakat. Lahan yang digunakan untuk pembangunan embung merupakan milik H. Rojak. Karena letaknya di bawah, air dari embung dialirkan ke lahan pertanian dengan menggunakan pompa. Menurut penyuluh pertanian setempat, embung dapat mengairi lahan pertanian sekitar 10 ha.

Embung Cigading memiliki luas sekitar 500 m^2 dengan kedalaman 2 m. Embung dikelola oleh Kelompok Tani Sauyunan. Lahan untuk cembung merupakan milik kelompok tani yang dibeli dari Perhutani. Lokasi cembung berada di pinggir hutan Perhutani dan posisinya lebih tinggi daripada lahan pertanian yang diairi sehingga air embung mengalir secara gravitasi. Embung Cigading dapat mengairi lahan pertanian seluas 8 ha.



Sumber: Pustaka-Kementan

Embung Ciomas dapat mengairi lahan pertanian sekitar 10 ha

D. Embung dan Pertanian Bioindustri

Gurat bahagia terpancar dari wajah Wayan Arsa, petani Desa Antapan, Kecamatan Baturiti, Kabupaten Tabanan, Bali saat memanen tanaman sayurannya. Berkat dua embung kecil di lahan pertaniannya, kini ia bisa memanen aneka jenis sayuran meski saat itu sedang musim kemarau. Sebelumnya, Wayan hanya bisa bercocok tanam saat musim hujan. Maklum, lahan milik Wayan berupa lahan tegal sehingga pengairannya hanya mengandalkan air hujan. Karena itu, saat kemarau, ia hanya mampu menanami sebagian kecil lahannya. Untuk mencukupi kebutuhan keluarga, terpaksa ia menjual sapi bali miliknya.

Desa Antapan memang terkenal sebagai penghasil sayuran. Lokasinya yang berada di dataran menengah membuat aneka jenis sayuran seperti cabai, tomat, kol, dan sawi putih tumbuh subur. Namun, saat kemarau, produksi sayuran dari desa itu turun drastis akibat kekurangan air.



Sumber: Pustaka-Kementan

Embung di Desa Antapan, Tabanan, Bali menjadi titik ungkit Model Pertanian Bio Industri (MPBI)

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, pada 2015 Kementerian Pertanian melalui BPTP Balitbangtan Bali mengembangkan Model Pertanian Bio Industri (MPBI). Embung menjadi titik ungkit model pertanian tersebut. Air yang berada sekitar 2,7 km dari lahan petani diangkat menggunakan pompa hidram kemudian dialirkan melalui pipa-pipa ke embung-embung kecil yang ada di lahan petani. Saat itu, embung yang dibangun jumlahnya mencapai 24 unit dengan dua pompa hidram.

Embung dibuat berukuran kecil sesuai luas lahan yang dimiliki petani. Untuk alasnya digunakan terpal plastik. Agar lebih awet, terpal diupayakan tidak terpapar sinar matahari secara langsung, Caranya, air embung selalu dijaga penuh, sementara bagian pinggir terpal yang berada di atas tanah pinggir embung ditutup dengan rumput. Ternyata rumput ini memiliki fungsi ganda. Selain melindungi terpal plastik dari sengatan cahaya matahari, pangkasan rumput dapat menjadi pakan ikan yang dipelihara di embung.



Sumber: Pustaka-Kementan

Berkat embung, petani di Desa Antapan dapat menanam aneka jenis sayuran sepanjang tahun



Sumber: Pustaka-Kementan

Lahan di bagian pinggir ditanami rumput untuk pakan ternak

Selain bertanam aneka sayuran, petani di Desa Antapan juga memelihara sapi bali. Oleh karena itu, petani memanfaatkan lahan di bagian pinggir untuk ditanami rumput pakan ternak. Sisa-sisa panen sayuran pun dimanfaatkan untuk pakan, sementara kotoran ternak untuk pupuk organik.

Pada 2017, menurut BPTP Balitbangtan Bali, jumlah embung telah bertambah menjadi 70 unit dengan lima unit pompa hidram. Sebagai dampaknya, pada musim kemarau, petani yang biasanya hanya menanam sayuran rata-rata



Sumber: Pustaka-Kementan

Sisa panen sayuran dan rumput dimanfaatkan untuk pakan ternak

0,1 ha kini meningkat menjadi 0,40 ha per petani. Kepemilikan ternak sapi juga bertambah dari rata-rata tiga ekor menjadi tujuh ekor. Hasil akhirnya, pendapatan petani meningkat dari rata-rata Rp2.057.000 pada 2015 menjadi Rp5.190.000 pada 2017atau naik sekitar 60%. Selain itu, ikan yang dipelihara di embung dapat menjadi sumber protein keluarga.

E. Embung Sumber Air Bersih

Di daerah yang belum terjangkau pelayanan Perusahaan Daerah Air Minum, kebutuhan air bersih untuk rumah tangga maupun perkantoran dapat menggunakan air sumur atau air embung. Di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian di Jakenan Pati Jawa Tengah, contohnya. Di kompleks perkantoran balai tersebut tersedia embung dengan luas 10.335 m^2, kedalaman air 3,5 m, dan volume 36.173 m^3. Air embung dimanfaatkan sebagai sumber air bersih melalui proses penjernihan sederhana, yaitu menggunakan tawas 5 kg untuk menjernihkan air 8 m^3.



Sumber: Pustaka-Kementan

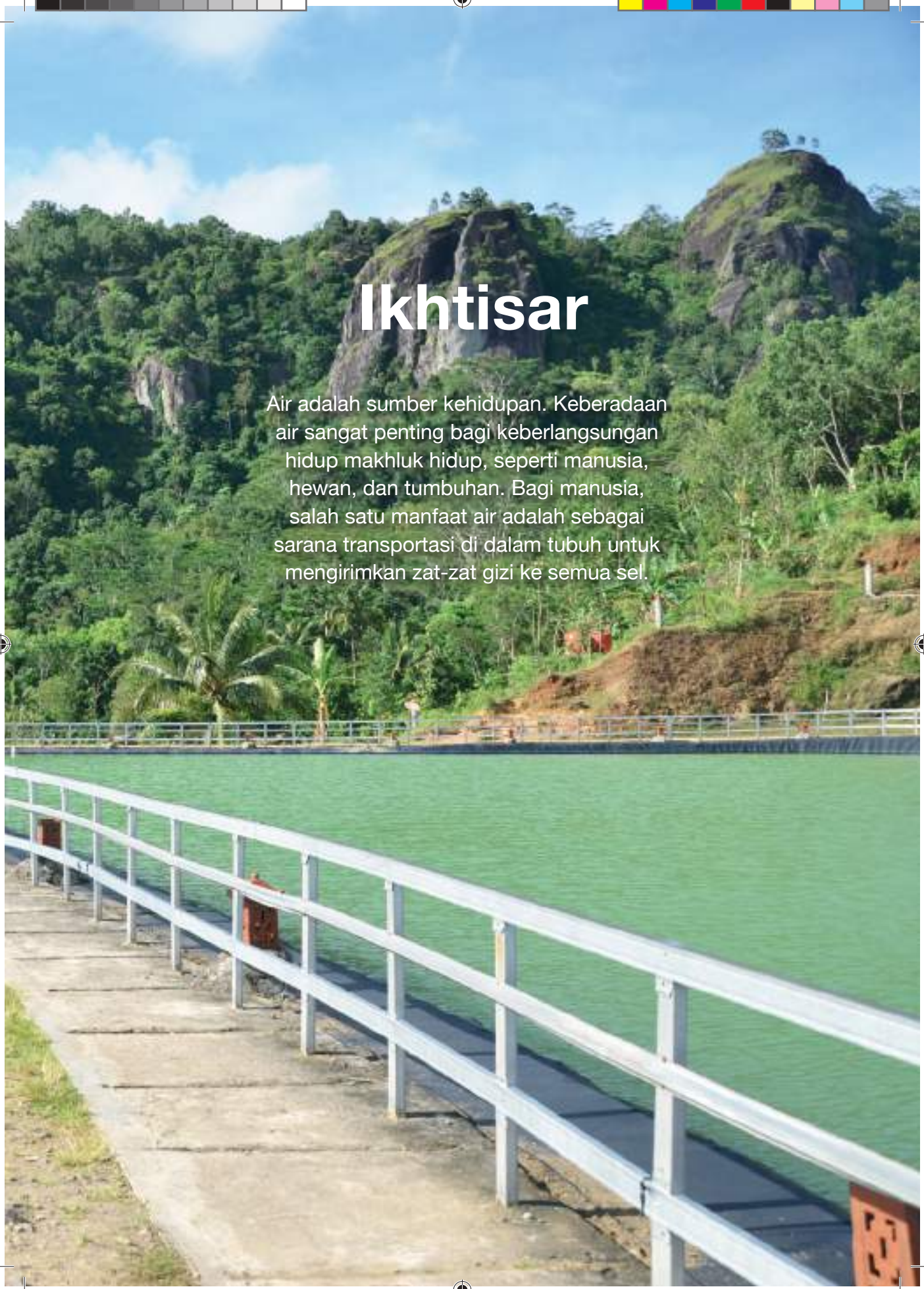
Embung dapat menjadi sumber air bersih

Air embung yang telah dijernihkan memiliki pH sekitar 8 dan *total dissolved solids* (TDS) 68 mg/l, masih di bawah kadar maksimum menurut Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 Tahun 2010, yaitu pH 6,5—8,5 dan TDS 500 mg/l. Kebutuhan air bersih untuk keperluan kantor sekitar 6 m^3/hari. Dengan kapasitas tampung embung 36.173 m^3, kehilangan air akibat evaporasi + perkolasi + *seepage* sekitar 7 mm/hari, dan diasumsikan selama 6 bulan tidak ada hujan, maka air yang hilang sebesar 13.022 m^3. Sisa air embung 23.150 m^3 masih berlebih untuk air bersih dan dapat digunakan untuk mengairi tanaman.

Menabung hujan dengan embung terbukti efektif menyelamatkan tanaman dan masyarakat dari kekurangan air. Tanpa air kita tak mampu bertahan hidup. Sayangnya, acap kali kita mengabaikan anugerah berupa air hujan. Kita membiarkan air itu pergi begitu saja. Dengan embung mereka mencoba memanen air hujan.***



Air sumber kehidupan
(Sumber: Trubus)



Ikhtisar

Air adalah sumber kehidupan. Keberadaan air sangat penting bagi keberlangsungan hidup makhluk hidup, seperti manusia, hewan, dan tumbuhan. Bagi manusia, salah satu manfaat air adalah sebagai sarana transportasi di dalam tubuh untuk mengirimkan zat-zat gizi ke semua sel.

Air juga menjadi bagian penting dan terbesar dalam tubuh hewan. Air sangat dibutuhkan hewan dalam berbagai keperluan seperti minum, pengaturan suhu tubuh, membantu proses pencernaan, serta produksi susu. Sementara tumbuhan sangat memerlukan air untuk kelangsungan hidupnya. Kekurangan air akan menyebabkan tanaman menjadi kerdil dan perkembangannya menjadi tidak normal. Kekurangan air yang terjadi terus-menerus selama periode pertumbuhan akan menyebabkan tanaman mati. Bagi tumbuhan, air menjadi bahan dasar dalam proses fotosintesis. Tanpa adanya air, proses fotosintesis tidak dapat berlangsung.

Proses fotosintesis pada tanaman memerlukan bahan cahaya matahari dan air untuk menghasilkan glukosa yang kemudian diolah menjadi energi. Energi itulah yang digunakan tanaman untuk tumbuh dan memproduksi bunga dan buah. Artinya, jika air tersedia, tanaman pun dapat berproduksi dengan baik. Oleh karena itu, ketersediaan air amat vital.



Sumber: Pustaka - Kementan

Produksi tanaman optimal jika kebutuhan air selalu tersedia

Ketersediaan air pun amat penting bagi kegiatan pertanian. Penelitian dari periset asal Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor (IPB), Najla Anwar Fuadi, menunjukkan kebutuhan air bersih atau netto pada sawah konvensional rata-rata 6,55 mm/hari. Sementara pada sawah *System of Rice Intensification* (SRI), kebutuhan air rata-rata 4,67 mm/hari. Hasil perhitungan kebutuhan air itu menunjukkan bahwa kebutuhan air selama satu masa tanam (100 hari) untuk sawah sistem pemberian air secara konvensional sebanyak 655 mm dan sawah dengan sistem pemberian air secara SRI 467 mm.

Sumber air berdasarkan letaknya ada tiga, yaitu air atmosfer, air permukaan, dan air tanah. Air atmosfer atau air angkasa merupakan air hasil dari proses penyubliman awan atau uap air. Contoh air atmosfer adalah air hujan. Sementara air permukaan merupakan air yang berada di atas permukaan tanah. Contoh air permukaan adalah air sungai, waduk, danau, dan situ. Ketersediaan air permukaan bergantung pada curah hujan, kondisi tutupan lahan sepanjang daerah aliran sungai (DAS), dan keberadaan bendungan. Air tanah merupakan air yang berada di bawah permukaan tanah, seperti air sumur dan mata air.

Salah satu sumber air yang kurang termanfaatkan dan kerap terbuang adalah air hujan. Indonesia sebagai negara tropis memiliki curah hujan tinggi, rata-rata



Sumber: Trubus

Embung salah satu tempat penampungan air hujan

2.000—3.000 mm per tahun. Jumlah itu kerap terbuang karena kurang optimalnya penampungan air. Andai setiap tetes air hujan itu termanfaatkan, tentu irigasi untuk pertanian bisa lebih optimal mengingat masih banyak daerah pertanian di Indonesia yang mengandalkan air hujan untuk pengairannya.

Salah satu kiat untuk mengoptimalkan air hujan adalah dengan cara menampungnya dalam tandon-tandon air. Tujuannya agar kelebihan air pada musim hujan bisa dipergunakan pada musim kemarau. Salah satu tempat penampungan air adalah embung. Embung atau tandon air merupakan waduk berukuran mikro yang dibangun di lahan pertanian untuk menampung kelebihan air hujan. Air yang ditampung tersebut selanjutnya digunakan sebagai sumber irigasi suplementer untuk budi daya komoditas pertanian pada musim kemarau atau saat curah hujan makin jarang atau untuk keperluan lainnya.

Tahapan pembuatan embung meliputi proyeksi kebutuhan air, analisis kapasitas tampungan, analisis daerah aliran sungai dan curah hujan, perhitungan debit banjir rencana, perencanaan *spillway* atau pelimpah, dan teknis pembuatan embung. Manajemennya perlu memerhatikan konservasi air dengan melihat lingkungan sekitar embung sehingga pemanfaatan embung optimal.

Permasalahan dalam pembuatan dan pengelolaan embung yakni erosi, banjir, dan kekeringan. Permasalahan itu harus mendapat perhatian serius sebab jika tidak ditangani lama-kelamaan akan menyebabkan kegagalan struktur embung. Dampaknya kebutuhan air untuk pengairan dan kebutuhan lain tidak terpenuhi sehingga efisiensi sistem embung menurun.

Agar efisiensi sistem embung optimal, perlu dilakukan perawatan, baik perawatan stabilitas struktur embung maupun perawatan fisik dan lingkungan. Penting perlu memerhatikan aspek ekonomi/finansial, kebijakan pemerintah, dan sosial budaya. Jika semua teknis perawatan dilakukan, niscaya embung akan optimal.

Beberapa contoh kisah sukses masyarakat merawat embung yakni di Nglanggeran, Kabupaten Gunung Kidul, Yogyakarta. Selain memiliki peran sebagai sumber irigasi, embung yang berada di selatan gunung purba Nglanggeran itu juga dimanfaatkan sebagai tempat wisata. Imbasnya meningkatkan pendapatan warga daerah sekitar.

Embung lain yang cukup unik berada di Kecamatan Kalibawang, Kabupaten Kulonprogo, Yogyakarta. Embung yang berada di sentra durian menoreh itu mengairi 3.000 pohon durian di lahan seluas 20 ha milik 111 petani inti. Sementara



Sumber: Pustaka - Kementan

Selain berperan sebagai sumber irigasi, embung juga dimanfaatkan sebagai tempat wisata

itu di Desa Kledung, Kabupaten Temanggung, Jawa Tengah, embung Kledung mengairi komoditas buah yang langka di tanah air, yaitu leci dan kesemek. Pohon-pohon itu milik 27 keluarga petani di sekitar embung. Kecamatan itu berada di kaki Gunung Sindoro, salah satu sentra hortikultura Jawa Tengah. Berkat embung, air selalu tersedia sehingga tanaman buah pun tumbuh subur.

Embung-embung kecil milik petani di Desa Antapan, Bali juga dapat menjadi alternatif menyediakan air bagi tanaman saat musim kemarau. Begitu pula embung di Jakenan, Pati, Jawa Tengah, dapat menjadi salah satu solusi menyediakan air bagi tanaman maupun sumber air bersih. ***

Daftar Pustaka

Alexander, Harahab, dan Syarifuddin. 2009. *Perencanaan Embung Tambaboyo Kabupaten Sleman D.I.Y*. Semarang: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.

Azizi, B. 2014. *Perencanaan Embung Jatitamban Kabupaten Bondowoso Kecamatan Wringin*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil – Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Karangploso. 1997. *Embung Kolam Penampung Air*. Wonocolo: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Karangploso Instalasi Penelitian dan Pengkajian Teknologi Pertanian Wonocolo.

Bria, M., Sutirto, dan Muda, A. H. 2017. *Analisis Kriteria untuk Perencanaan Program Pemeliharaan Embung Irigasi (Studi Kasus : Embung Haliwen dan Haekrit Kabupaten Belu)*. Kupang: Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Kupang (PNK) Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan 19 (2) : 83 – 89.

Fuadi, N. A., Purwanto, M. Y. J, dan Tarigan, S. D. 2016. *Kajian Kebutuhan Air dan Produktivitas Air Padi Sawah Dengan Sistem Pemberian Air Secara SRI dan Konvensional Menggunakan Irigasi Pipa*. Bogor: Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, IPB Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.

Muamar Triyono, S., Tusi, A., dan Rosadi, B. 2012. *Analisis Neraca Air Tanaman Jagung Zea mays di Bandarlampung*. Bandarlampung: Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Oktaviani, Triyono, S., dan Haryono, N. 2013. *Analisis Neraca Air Budidaya Tanaman Kedelai (*Glycine max [L] Merr*.) Pada Lahan Kering*. Bandarlampung: Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Peraturan Presiden Republik Indonesia. Nomor 33 Tahun 2011. *Kebijakan Nasional Pengelolaan Sumber Daya Air*.

Raharjo, A. A. 2015. *Embung Demi Menabung Hujan*. Depok: Majalah Trubus 550—September 2015/XLVI.

Raharjo, A. A. 2017. *Menabung Air Dalam Embung*. Depok: Majalah Trubus – 573—Agustus 2017/XLVIII.

Setiawan, B.I., Wirasembada, Y. C., Kuswanda, W. P., Jannati, S. L., dan Andayani, A. 2016. *Penentuan Lokasi, Rancangan, dan Pembuatan Embung untuk Pertanian Upaya Menghadirkan Solusi Permanen Mengatasi Kritis Kekeringan*. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

Suharti, T. 2004. *Pengelolaan Sungai, Danau dan Waduk untuk Konservasi Sumberdaya Air.* Bogor: Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Sekolah Pascasarjana IPB.

Sulaiman, A. A., Setiawan, B. I., Torang, S., Aquino, H. S. F., Saputro, S. D. F., dan Kartiwa, B. 2017. *Panen Air Menuai Kesejahteraan Petani*. Jakarta: Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

Situs

Andrijanto dan Pamungkas, W. S. 2011. *Sejarah Bendungan Jatiluhur*. https://jatiluhurdam.wordpress.com/2011/04/26/sejarah-bendungan-jatiluhur/. Diunduh pada 1 Oktober 2018.

Bau, E. 2015. *Embung Haekrit di Kabupaten Belu, Tampak Seperti Lautan Padahal Danau Besar Bikinan Manusia*. http://www.tribunnews.com/travel/2015/11/24/embung-haekrit-di-kabupaten-belu-tampak-seperti-lautan-padahal-danau-besar-bikinan-manusia. Diunduh pada 1 Oktober 2018.

BPS. 2015. *Tinggi Wilayah di Atas Permukaan Laut (DPL) Menurut Kecamatan di Kabupaten Garut.* https://garutkab.bps.go.id/statictable/2016/12/08/126/tinggi-wilayah-di-atas-permukaan-laut-dpl-menurut-kecamatan-di-kabupaten-garut-2015.html. Diunduh pada 1 Oktober 2018.

Budi, K. 2018. *Musim Kemarau, Petani Bali Tetap Produktif Berkat Embung*. Jakarta: https://ekonomi.kompas.com/read/2018/08/28/172441626/musim-kemarau-petani-bali-tetap-produktif-berkat-embung. Diunduh pada 1 Oktober 2018.

Dinas Pariwisata dan Kebudayaan Prov. Jawa Barat. 2011. *Situ Bagendit*. http://www.disparbud.jabarprov.go.id/wisata/dest-det.php?id=36&lang=id. Diunduh pada 1 Oktober 2018.

Disparbud. 2017. *Situ Bagendit Objek Wisata Garut Dengan Cerita Legenda, Siap Manjakan Wisatawan yang Datang*. http://www.radiorugeri.com/2017/04/30/situ-bagendit-objek-wisata-garut-dengan-cerita-legenda-siap-manjakan-wisatawan-yang-datang/. Diunduh pada 1 Oktober 2018.

Hanna, Y. 2017. *Apa Bedanya Dam, Bendung, Embung, dan Waduk?*. http://bobo.grid.id/read/08678550/apa-bedanya-dam-bendung-embung-dan-waduk?page=all. Diunduh pada 1 Oktober 2018.

Irianto, G. 2007. *Pedoman Teknis Konservasi Air Melalui Pembangunan Embung*. https://dokumen.tips/documents/pedoman-teknis-konservasi-air-melalui-pembangunan-embung.html. Diunduh pada 11 Oktober 2018.

Sondang, E. 2012. *Sejarah Suku Batak, Iklim Curah Hujan Suhu dan Kelembapan*. http://blognyasatriahitam.blogspot.com/p/iklim-curah-hujan-suhu-dan-kelembaban.html. Diunduh pada 11 Oktober 2018.