



Pengembangan dan Implementasi

TEKNOLOGI IRIGASI HEMAT AIR

R. Ismu Tribowo

Pengembangan dan Implementasi Teknologi Irigasi Hemat Air

Sanksi Pelanggaran Pasal 72
Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2002
tentang Hak Cipta

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud dalam ayat (1), dipidana dengan pidana paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Pengembangan dan Implementasi Teknologi Irigasi Hemat Air

R. Ismu Tribowo

LIPi Press

© 2014 Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)
Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Pengembangan dan Implementasi Teknologi Irigasi Hemat Air/R. Ismu Tribowo. – Jakarta:
LIPI Press, 2014.

xxii hlm. + 102 hlm.; 14,8 x 21 cm

ISBN 978-979-799-797-7

1. Teknologi Irigasi

2. Hemat Air

631.587

Copy editor : Lani Rachmah
Proofreader : Siti Kania Kushadiani
Penata isi : Rahma Hilma Taslima
Desainer Sampul : Rusli Fazi

Cetakan Pertama : November 2014



Diterbitkan oleh:
LIPI Press, anggota Ikapi
Jln. Gondangdia Lama 39, Menteng, Jakarta 10350
Telp. (021) 314 0228, 314 6942. Faks. (021) 314 4591
E-mail: press@mail.lipi.go.id

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
PENGANTAR PENERBIT.....	xvii
KATA PENGANTAR.....	xix
UCAPAN TERIMA KASIH	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
BAB 2 PENGEMBANGAN TEKNOLOGI DAN MANAJEMEN IRIGASI HEMAT AIR	7
A. Pengembangan Teknologi Irigasi Sistem Curah/ <i>Sprinkler</i>	8
1. Irigasi Sistem <i>Sprinkler</i> di Lampung Selatan untuk Tanaman Hortikultura	8
2. Irigasi Sistem <i>Sprinkler</i> di Lampung Selatan untuk Rumput Pakan Domba	10
3. Irigasi Sistem <i>Sprinkler</i> dengan Tangki Portabel	12
4. Irigasi Sistem <i>Sprinkler</i> untuk Tanaman Hias.....	13
5. Irigasi Sistem <i>Sprayer</i> Semi-otomatis	14
B. Pengembangan Teknologi Irigasi Sistem Tetes dan Sejenisnya	17
1. Irigasi Sistem Tetes Eks-Impor: Irigasi Sistem Tetes di Lampung Selatan untuk Tanaman Hortikultura	19
2. Irigasi Sistem Tetes Eks-Impor: Irigasi Sistem Tetes untuk Tanaman Jeruk Siam di dalam Pot	23

3. Irigasi Sistem Tetes Eks Impor: Irigasi Sistem Tetes untuk Tanaman Cabai Merah (<i>Capsicum annuum</i> var. <i>longum</i>) dengan Pemupukan <i>Bokashi</i> Pupuk Kandang Sapi dan N, P, K.....	25
4. Irigasi Sistem Tetes Bahan Baku Lokal: Irigasi Sistem Tetes <i>Emitter</i> Sekrup di dalam <i>Greenhouse</i>	27
5. Irigasi Sistem Tetes Bahan Baku Lokal untuk Usaha Tani Intensif Skala Kecil.	30
6. Kombinasi Irigasi Sistem Tetes Bahan Baku Lokal dengan <i>Sprinkler</i> untuk Usaha Tani Intensif Skala Kecil (Studi Kasus di Desa Mekarjaya, Kecamatan Haurgeulis, Kabupaten Indramayu)	33
7. Otomatisasi Irigasi Sistem Tetes di dalam <i>Greenhouse</i>	36
8. Otomatisasi Irigasi Sistem Tetes Lahan Terbuka	38

BAB 3 IRIGASI HEMAT AIR DENGAN BASIS PERANCANGAN

IRIGASI SISTEM TETES	41
A. Irigasi Sistem Kendi untuk Tanaman Lidah Buaya	42
B. Irigasi Sistem Tabung Mariote untuk Tanaman Hidroponik	45
C. Irigasi Otomatis Alami Tabung Mariote untuk Tanaman Hias.....	47

BAB 4 PENGEMBANGAN LAINNYA YANG TERKAIT DENGAN TEKNOLOGI DAN MANAJEMEN AIR

A. Kincir Air	49
B. Pompa Hidram.....	51
C. Fotovoltaik untuk Irigasi.....	54
1. Sistem Irigasi	56
2. Pembangkit Listrik DC Fotovoltaik	63
3. Analisis Tekno Ekonomi.....	64
D. Tipe <i>Greenhouse</i> dan Sistem Irigasi yang Digunakan	66
1. <i>Greenhouse</i> Tipe Kaca dan Rangka Aluminium.....	66
2. <i>Greenhouse</i> Tipe Plastik Tebal dan Rangka Besi Siku atau Kawat Ayam.....	67
3. <i>Greenhouse</i> Tipe Plastik UV dan Rangka Bambu	68
4. <i>Greenhouse</i> Tipe Agronet 70% dan Rangka Besi Siku atau Kawat Ayam.....	69

PENUTUP	73
DAFTAR ISTILAH.....	75
DAFTAR PUSTAKA	87
INDEKS	97
SEKILAS TENTANG PENULIS	101

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kebutuhan Debit dan Tekanan Air untuk Setiap Tanaman pada Saat Puncak Kebutuhan Air.....	21
Tabel 2. Lama Waktu Pemberian Air Irigasi	22
Tabel 3. Perancangan Kalender Tanam dan Pola Tanam Jeruk Siam.....	23
Tabel 4. Modulus Irigasi Tanaman Jeruk Siam	24
Tabel 5. Perbandingan Kincir Air Tipe Pusair dengan Kincir Air Tradisional pada Kecepatan Aliran Sungai 0,9–1,2 meter/detik	50
Tabel 6. Perancangan Kalender dan Pola Tanam.....	57
Tabel 7. Kebutuhan Air Tanaman (Qo).....	59
Tabel 8. Keadaan Jumlah Kadar Air Tanah sesuai dengan Kedalamannya	60
Tabel 9. Total Ketersediaan Kandungan Air Dalam Tanah yang Siap Digunakan (TRAM) untuk Tanaman Melon, Semangka, Tomat, Cabai Rawit, Cabai Keriting, Paprika, Kacang Panjang, Jagung Manis, dan Jahe.....	61
Tabel 10. Interval Irigasi	62
Tabel 11. Lama Waktu Pemberian Air Irigasi	63
Tabel 12. Waktu Pengisian Air Ke Bak <i>Tower</i> /Operasional Pompa Air	64
Tabel 13. Kesetimbangan Fotovoltaik sebagai <i>Charger</i> Aki dengan Kebutuhan Energi Listrik untuk Pompa Air.....	65
Tabel 14. <i>Break Even Point</i> (BEP) Irigasi Sistem Tetes dengan Sumber Energi Fotovoltaik	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Keindahan Alam Sumber Air di Hulu Sungai, Sulawesi Tenggara.....	2
Gambar 2. Teknik Konservasi Tanah dan Air dengan Pemanfaatan Air untuk Budi Daya Ikan Air Tawar Di Wamena, Kabupaten Jayawijaya, Papua.....	3
Gambar 3. Pembuatan Embung/Penampung Air (Kiri Gambar) di Kaki Bukit Areal Pertanian di Wamena, Kabupaten Jayawijaya, Papua.....	3
Gambar 4. “Hand Move” Portable Sprinkler.....	8
Gambar 5. Full Circle Impact Sprinkler.....	9
Gambar 6. Layout Perpipaan Irigasi Sistem Sprinkler di Tanjung Bintang, Kabupaten Lampung Selatan Seluas 20 hektare (1994).....	10
Gambar 7. Irigasi Sistem Sprinkler untuk Rumput Pakan Ternak Domba.....	11
Gambar 8. Pressure Gauge pada Nozel Sprinkler 1,0 Bar.....	11
Gambar 9. Ilustrasi Irigasi Sistem Sprinkler dengan Tangki Portabel.....	12
Gambar 10. Ilustrasi Irigasi Sistem Sprinkler untuk Tanaman Hias.....	13
Gambar 11. Pembuatan Pengalut Air Curahan dari Bahan Pipa PVC yang Dipotong dan Dipres dengan Pemanasan.....	15
Gambar 12. Bagian dari Nozel, Karet Seal (Penahan Bocor), Satu Set Pengalut Air Curahan Berbentuk Semi Spiral (Alur Dibuat dengan Menggunakan Pahat Kecil), PVC Penutup Berulir dan PVC Soket Drat Luar Berdiameter 1 inci.....	15
Gambar 13. Tiga Buah Lubang Nozel Berdiameter 1 mm, Tempat Keluarnya Air Berbentuk Curah Butiran Air.....	15

Gambar 14. Tampak Samping <i>Nozel</i> Pencurah yang Terbuat dari Bahan PVC Soket Drat Luar dan Penutup Berulir dengan Ukuran Diameter 1 inci.....	15
Gambar 15. Unit Peralatan Pompa Air, Penjernih Air, Bak Air Plastik Fiber, dan <i>Timer</i> Otomatis.....	16
Gambar 16. Irigasi <i>Sprayer</i> Sedang Beroperasi secara Otomatis untuk Menyirami Tanaman. Hal ini Dilakukan pada Saat Penyiraman di Luar Hari Kerja.....	16
Gambar 17. Pemasangan Perpipaan dan <i>Emitter</i> /Penetes Irigasi Sistem Tetes.....	17
Gambar 18. Salah Satu Tipe Penetes pada Irigasi Sistem Tetes yang Diletakkan di Dekat Daerah Perakaran Tanaman	18
Gambar 19. Penetes Irigasi Sistem Tetes Eks-Impor	19
Gambar 20. Tipe Lain Penetes Eks-Impor.....	20
Gambar 21. Peta <i>Layout</i> Perpipaan Irigasi Sistem Tetes.....	20
Gambar 22. Irigasi Sistem Tetes Tipe Eks-Impor di Dalam <i>Greenhouse</i> untuk Tanaman di Dalam <i>Polybag</i> maupun 1/2 Drum.	22
Gambar 23. <i>Layout</i> Perpipaan Irigasi Sistem Tetes untuk Tanaman Cabai	26
Gambar 24. Penetes Tipe Sekrup	27
Gambar 25. Media Tanah di Dalam <i>Polybag</i> dan Ditempatkan di Dalam <i>Greenhouse</i> dengan Irigasi Sistem Tetes.....	27
Gambar 26. Tanaman Paprika.....	28
Gambar 27. Tanaman Tomat.....	28
Gambar 28. Tanaman Melon	28
Gambar 29. Hasil Panen Tomat, Melon, dan Paprika.	28
Gambar 30. <i>Layout</i> Irigasi Sistem Tetes Tipe Penetes Sekrup di Dalam <i>Greenhouse</i>	29
Gambar 31. Bentuk dan Spesifikasi Penetes Ulir Plastik.....	30
Gambar 32. Penetes Ulir Listrik.....	30
Gambar 33. Batang Kawat Seng Sepanjang 5 cm Dimasukkan ke Dalam Ulir Plastik Sedalam Setengah Bagianya.....	30
Gambar 34. Pipa Plastik Penetes Dimasukkan ke Dalam Lubang Sepanjang Pipa Lateral yang Sudah di Bor Terlebih Dahulu.	31

Gambar 35. Perpipaan Irigasi Sistem Tetes Dibuat secara <i>Knock Down</i> (Mudah Dipasang dan Dilepas).....	31
Gambar 36. Tinggi Bak Air Diletakkan 1 Meter di Atas Jaringan Irigasi Sistem Tetes.....	32
Gambar 37. <i>Greenhouse</i> Digunakan untuk Tanaman Melon, Paprika, dan Tomat dengan Irigasi Sistem Tetes.....	32
Gambar 38. Usaha Tani dengan Irigasi Sistem Tetes di Desa Mekarjaya, Kecamatan Haurgeulis, Kabupaten Indramayu, Provinsi Jawa Barat.....	32
Gambar 39. Usaha Tani dengan Irigasi Sistem Tetes Desa Kendai Ii, Kecamatan Woja, Kabupaten Dompu, Provinsi Nusa Tenggara Barat.....	32
Gambar 40. <i>Layout</i> Kombinasi Irigasi Sistem Tetes dengan Irigasi Sistem <i>Sprinkler</i> untuk Lahan Seluas 1.000 m ²	34
Gambar 41. <i>Layout</i> Otomatisasi Irigasi Sistem Tetes Tipe Ulir di Dalam <i>Greenhouse</i>	35
Gambar 42. Rangkaian Listrik Otomatisasi Irigasi Sistem Tetes di Dalam <i>Greenhouse</i>	37
Gambar 43. <i>Layout</i> Otomatisasi Irigasi Sistem Tetes di Lahan Terbuka Seluas 20 hektare.....	38
Gambar 44. Rangkaian Listrik Otomatisasi Irigasi Sistem Tetes di Lahan Terbuka.....	40
Gambar 45. Beberapa Jenis Kendi yang Digunakan untuk Tujuan Irigasi Tanaman (Gambar Kiri dan Tengah). Tampak di Sebelah Kanan Gambar, Kendi Digunakan untuk Irigasi Tanaman Mangga di Dalam Pot.....	41
Gambar 46. Bentuk dan Spesifikasi Kendi Irigasi.....	42
Gambar 47. Budi Daya Tanaman Lidah Buaya dengan Irigasi Sistem Kendi.....	43
Gambar 48. Tampak di Kejauhan adalah Tabung Vakum Mariote Berupa Drum.....	44
Gambar 49. Sketsa Pemanfaatan Tabung Mariote untuk Irigasi Tanaman <i>Indoor</i>	46
Gambar 50. Sketsa Pemanfaatan Tabung Mariote untuk Irigasi Tanaman Sayuran Hidroponik.....	46

Gambar 51. Tampak Depan Unit Irigasi Otomatis Alami Beserta Tanamannya. Jerigen Berfungsi sebagai Tabung Mariote; Dengan Ukuran Ini Dapat Mengairi Tanaman Sampai 1½ Bulan secara Otomatis (Tergantung pada Besarnya Evapotranspirasi).....	48
Gambar 52. Botol Air Mineral 600 ml Berfungsi sebagai Tabung Mariote; Dengan Ukuran Ini Dapat Mengairi Tanaman Sampai 1 Minggu secara Otomatis (Tergantung pada Besarnya Evapotranspirasi).....	48
Gambar 53. Kincir Air Tipe Pusair.....	50
Gambar 54. Sketsa Pompa Hidram.....	52
Gambar 55. Unit Pompa Hidram.....	52
Gambar 56. Pompa Hidram Diinstalasi secara Paralel.....	52
Gambar 57. Energi Sinar Matahari Digunakan untuk Memompa Air dari Sumber Air ke Dalam Kontainer dengan Fotovoltaik...54	
Gambar 58. Sketsa Pemanfaatan Fotovoltaik untuk Memompa Air dari Dalam Sumur ke Dalam Tangki Penampung yang Kemudian Mengairi Tanaman dengan Irigasi Sistem Tetes ..55	
Gambar 59. Irigasi Sistem Tetes di Indramayu, Jawa Barat.....	55
Gambar 60. Irigasi Sistem Tetes di Dompu, NTB.....	55
Gambar 61. Tampak Depan <i>Greenhouse</i> Tipe Kaca dan Rangka Aluminium dengan Irigasi Sistem Tetes Tipe Sekrup.....	67
Gambar 62. Jaringan Pipa Irigasi Sistem Tetes Tipe Sekrup di Dalam <i>Greenhouse</i> Tipe Kaca Rangka Aluminium.....	67
Gambar 63. Tampak Samping <i>Greenhouse</i> Tipe Plastik Tebal dan Rangka Besi Siku atau Kawat Ayam dengan Irigasi Sistem Tetes Tipe Eks-Impor.....	68
Gambar 64. Sebagian Jaringan Pipa Irigasi Sistem Tetes Tipe Eks-Impor di Dalam <i>Greenhouse</i> Tipe Plastik Tebal dan Rangka Besi Siku atau Kawat Ayam.....	68
Gambar 65. Tampak Samping <i>Greenhouse</i> Tipe Plastik UV dan Rangka Bambu dengan Irigasi Sistem Tetes Tipe Ulir Plastik.....	69
Gambar 66. Sebagian Jaringan Pipa Lateral Irigasi Sistem Tetes Tipe Ulir Plastik (di Atas Guludan atau di Antara Tanaman Paprika) di Dalam <i>Greenhouse</i> Tipe Plastik UV dan Rangka Bambu.....	69

Gambar 67. Tampak Samping <i>Greenhouse</i> Tipe Agronet 70% dan Rangka Besi Siku atau Kawat Ayam dengan Irigasi Sistem Manual.....	70
Gambar 68. Tanaman Pisang Hasil Kultur Jaringan Tumbuh di Dalam <i>Greenhouse</i> Tipe Agronet sebagai Tempat Aklimatisasi Tanaman.....	71

PENGANTAR PENERBIT

Sebagai penerbit ilmiah, LIPI Press memiliki tanggung jawab untuk mencerdaskan kehidupan bangsa melalui penyediaan terbitan ilmiah yang berkualitas. Terbitan dalam bentuk buku ilmiah yang berjudul *Buku Pengembangan dan Implementasi Teknologi Irigasi Hemat Air* ini telah melewati mekanisme penjaminan mutu sebagaimana layaknya terbitan ilmiah, termasuk proses penelaahan (*review*) dan penyuntingan (*editing*) oleh Dewan Editor LIPI Press.

Buku ilmiah ini membahas berbagai macam teknologi irigasi dan inovasi yang dilakukan terkait dengan sistem manajemen air untuk irigasi. Hal ini bertujuan agar pelaku industri sektor agraris di Indonesia dapat terlepas dari ketergantungan impor perangkat keras irigasi serta dapat mengembangkan teknologi irigasi yang efisien dan hemat air.

Harapan kami, terbitan ini dapat memberikan sumbangan ilmu dan wawasan bagi para pembaca serta dapat memberikan informasi yang jelas mengenai implementasi teknologi irigasi yang hemat air. Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu proses penerbitan buku ini.

LIPI Press

KATA PENGANTAR

Pengembangan dan implementasi teknik-teknik manajemen air terutama untuk tujuan irigasi dengan tingkat efisiensi relatif tinggi merupakan bagian dari usaha-usaha pengembangan teknologi. Hal ini menjadi bagian dari tugas pokok dan fungsi dari Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. *Reverse engineering* merupakan salah satu cara transfer teknologi dari peralatan impor, bukan menjiplak peralatannya, namun *engineering* yang menjadi dasar perhitungan dalam pembuatan peralatan impor tersebut yang di-*explore* untuk membuat peralatan yang peruntukannya lebih dikembangkan.

Seperti yang diungkapkan oleh penulis bahwa perangkat keras yang digunakan untuk operasional manajemen air irigasi yang hemat air, pada awalnya adalah peralatan eks-impor, seperti irigasi sistem tetes dan *sprinkler*/curah. Untuk mengurangi atau meniadakan ketergantungan terhadap barang impor maka diperlukan inovasi-inovasi teknologi dengan cara memodifikasi sebagian atau seluruh peralatan tersebut dengan bahan baku pembuatan alat yang berasal dari dalam negeri.

Tulisan Pengembangan dan Implementasi Teknologi Irigasi Hemat Air ini dapat dikatakan sebagai suatu kompilasi sejak tahun 1990 hingga saat ini dari kegiatan pengembangan teknologi dan peralatan yang sangat erat, berkaitan dengan penggunaan air untuk tujuan irigasi. Tulisan ini juga sedikit menyinggung tentang pengadaan air

bersih yang dilakukan berdasarkan prinsip-prinsip konservasi air dan tanah yang tak dapat dipisahkan. Di sisi lain, pesatnya pembangunan, terutama di bidang infrastruktur, telah merusak upaya-upaya konservasi tersebut walaupun undang-undang jelas melarangnya.

Meskipun demikian, perlu dipikirkan pula upaya-upaya meminimalkan biaya usaha akibat penambahan biaya investasi dari peralatan yang digunakan sehingga harga titik impas dari produk akhir yang dihasilkan lebih rendah daripada sebelum menggunakan peralatan yang diimplementasikan.

Subang, Juni 2013

UPT Balai Besar Pengembangan TTG – LIPI

Kepala,

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'Y' followed by a long horizontal line that ends in a small arrowhead pointing to the right.

Dr. Ir. Yoyon Ahmudiarto, M.Sc.IPM

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih dan puji syukur yang tak terhingga kepada Allah Swt. atas ilmu dan segala kemudahan yang diberikan-Nya pada saat penulisan buku ini. Terima kasih kepada istri dan anak-anak yang telah mendukung sebelum dan selama penulisan buku ini. Terima kasih kepada yang telah menjabat maupun pejabat Kepala Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (B2PTTG-LIPI) yang telah membantu memudahkan penulis selama pengembangan teknologi irigasi hemat air, yaitu Ir. Hoemam Rozie Sahil; Ir. Takiyah Salim, M.Eng.Sc.; Dr. Ir. Akmadi Abbas, M.Eng.Sc.; Ir. Adil Jamali, M.Sc.; dan khususnya Dr. Ir. Yoyon Ahmudiarto, M.Sc.IPM. yang telah menulis kata pengantar pada buku ini. Terima kasih untuk semua staf, baik struktural maupun peneliti B2PTTG-LIPI di Subang dan Balai Bahan Olahan Kimia (BBOK)-LIPI di Bergen, Kecamatan Tanjung Bintang, Kabupaten Lampung Selatan pada saat implementasi dan pengembangan irigasi sistem tetes dan *sprinkler* tahun 1994 dan 2000. Juga untuk teman-teman teknisi, seperti Suparmo, Bambang, Uden, Suhaya, Taufik, Yudi, dan Jaja, teman-teman mitra binaan di Indramayu, Jawa Barat dan Dompu, Nusa Tenggara Barat, seperti Alex, Muklas, dan Sugito, saya ucapkan terima kasih. Ucapan terima kasih juga untuk kepala, staf, dan karyawan UPT Balai Media dan Reproduksi (LIPI Press) serta *reviewer* sehingga buku ini terbit, teman-teman di Institut Pertanian

Bogor, seperti Prof. Dr. Ir. Budi Indra Setiawan, M.Sc., dan lain-lain yang tak dapat disebutkan satu per satu. Semoga Allah Swt. membalas segala bantuan dan kebaikan semuanya. Aamiin.

Bab 1

Pendahuluan

Menurut Triatmodjo (2009) dan Kodoatie & Sjarief (2010), di bumi terdapat kira-kira 1,3–1,4 miliar km^3 air yang sebagian besar adalah air laut, yaitu sebesar 96,5%. Sisanya sebesar 1,7% berupa es di kutub, 1,7% sebagai air tanah, dan hanya 0,1% merupakan air permukaan dan air di atmosfer. Air di atmosfer yang merupakan sumber air permukaan hanya berjumlah 12.900 km^3 atau kurang dari 1/100.000 dari seluruh air di bumi. Dari jumlah air tawar sebesar 35 juta km^3 , dua per tiganya berbentuk es di kutub dan sisanya sebagian besar berupa air tanah pada kedalaman 200 sampai dengan 600 meter. Hanya 0,006% berupa air tawar di sungai. Salah satu sumber air tawar dapat dilihat pada Gambar 1.

Air di bumi mengalami sirkulasi yang terus-menerus, yaitu penguapan, presipitasi, dan pengaliran keluar. Sementara itu, menurut Schwab dkk. (1997), sampai saat ini hujan merupakan satu-satunya sumber yang praktis untuk persediaan air segar yang dapat diperbaharui pada penggunaan di bidang pertanian, industri, dan domestik. Perhatian yang meningkat tentang desalinasi skala besar pada air asin atau air bergaram, pada akhirnya menghasilkan suatu persediaan air yang layak untuk penggunaan dengan nilai tinggi di beberapa lokasi, tetapi hujan akan tetap berfungsi sebagai sumber air yang dominan.

Teknik konservasi tanah dan air adalah penerapan prinsip-prinsip teknik dan biologi untuk penyelesaian masalah-masalah pengelolaan tanah dan air (Gambar 2). Konservasi sumber alam menyiratkan



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 1. Keindahan Alam Sumber air di Hulu Sungai, Sulawesi Tenggara

suatu pemanfaatan tanpa pemborosan sehingga memungkinkan produksi tanaman dengan hasil tinggi secara terus menerus dengan tetap meningkatkan kualitas lingkungan. Sumber-sumber alam harus diwariskan kepada generasi yang akan datang pada kondisi yang sama atau lebih baik dari generasi sebelumnya yang memanfaatkan sumber tersebut. Perubahan fungsi lahan pertanian menjadi pengembangan kota dan fungsi non-pertanian lainnya tanpa memperhitungkan keperluan bahan pangan untuk masa yang akan datang terus berlangsung karena lahan pertanian tidak mampu bersaing dengan penggunaan lahan untuk kepentingan lain yang memiliki nilai kegunaan yang lebih tinggi. Menurut Schwab dkk. (1997), penyelesaian secara politik terhadap masalah ini kurang sesuai, tetapi kita dapat mempromosikan dan mengajarkan etika konservasi yang sesuai.

Sampai saat ini menurut Sugianto (2001), Indonesia masih memberi perhatian besar terhadap pembangunan di sektor pertanian. Sektor ini, seperti sektor lainnya, memerlukan air sebagai salah satu persyaratannya (Gambar 3). Jumlah total air yang dibutuhkan untuk sektor pertanian cukup banyak karena pertanian di Indonesia



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 2. Teknik Konservasi Tanah dan Air dengan Pemanfaatan Air untuk Budi Daya Ikan Air Tawar di Wamena, Kabupaten Jayawijaya, Papua



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 3. Pembuatan Embung/Penampung Air (Kiri Gambar) di Kaki Bukit di Areal Pertanian di Wamena, Kabupaten Jayawijaya, Papua

mengutamakan padi sawah yang memerlukan penggenangan dalam pertumbuhannya. Dari sejumlah kajian diketahui bahwa kebutuhan air pertanian merupakan bagian terbesar dari total kebutuhan air.

Menurut Las *et al.* (1998) dan Seckler *et al.* (1998) yang dikutip oleh Sugianto (2001), dikatakan bahwa total pasokan atau ketersediaan air di seluruh wilayah Indonesia adalah 2.110 mm/tahun setara dengan 127.775 m³/detik. Berdasarkan analisis *water-demand-supply*, Indonesia dikategorikan sebagai negara kelompok 3 dari 5 kelompok negara berdasarkan kebutuhan dan potensi sumber daya air. Negara kelompok 3 tersebut dikategorikan sebagai negara yang pada tahun 2025 membutuhkan pengembangan sumber daya airnya sekitar 25–100% dari kapasitas sekarang dan secara nasional negara tersebut masih memiliki potensi sumber daya air yang cukup. Ketersediaan sumber daya air nasional memang masih sangat besar, tetapi tidak semuanya dapat dipakai, apalagi Indonesia adalah negara kepulauan, sedangkan pemindahan air antarpulau hampir tidak memungkinkan. Selain itu, pertambahan jumlah penduduk yang cepat menuntut pengadaan pangan yang besar dan diikuti oleh pertumbuhan sektor lainnya mendorong peningkatan dan tekanan terhadap sumber daya air.

Masih mengutip Sugianto (2001), dikatakan bahwa dari kajian keseimbangan air hidrologi di Pulau Jawa dengan mengevaluasi total air tersedia dan total kebutuhan air menurut kabupaten di Pulau Jawa menunjukkan bahwa luas tanam padi yang dibutuhkan pada tahun 2005 berdasarkan proyeksi jumlah penduduk adalah seluas 6.613 juta ha, atau setara dengan kebutuhan beras 17.855 juta ton. Untuk mencapai produksi tersebut dibutuhkan ketersediaan air sebesar 31.164 m³/tahun. Dari data yang ada, air yang tersedia untuk pertanian di Pulau Jawa sebanyak 51.618 m³/tahun masih mencukupi untuk setiap provinsi, namun tidak untuk satuan kabupaten. Beberapa kabupaten di Pulau Jawa yang mengalami defisit air pada tahun 2005, di antaranya adalah Kabupaten Cirebon, Indramayu, Subang, Karawang, Bekasi, Tangerang, Cilacap, Kebumen, Klaten, Sukoharjo, Sragen, Tegal,

Brebes, Bantul, Sleman, Kediri, Situbondo, Sidoarjo, Mojokerto, Jombang, Nganjuk, Madiun, Magetan, Ngawi, Tuban, Lamongan, dan Gresik. Walaupun *annual water resources* (AWR) nasional cukup besar, tetapi tidak semuanya dapat dipakai karena keragaman yang sangat tinggi dan persaingan kebutuhan yang semakin tinggi pula. Oleh sebab itu, sumber daya air perlu dihemat dan penghematan harus dilakukan pada seluruh strata pengaliran dan penggunaannya.

Secara konseptual, Perhimpunan Meteorologi Pertanian Indonesia (Perhimp), Perhimpunan Agronomi Indonesia (Peragi), dan Perhimpunan Ekonomi Pertanian Indonesia (Perhepi) (1996) telah mempublikasikan “Gerakan Hemat Air” (GHA) sebagai upaya pemanfaatan sumber daya air secara efisien terutama dalam kaitannya dengan antisipasi dan penanggulangan kekeringan. Lalu dilanjutkan dengan pencanangan “Gerakan Hemat Energi dan Air” oleh Presiden RI, Susilo Bambang Yudoyono, pada 10 Agustus 2008 di lapangan silang Monas Selatan, Jakarta Pusat.

“Hemat air” dalam GHA diartikan sebagai upaya untuk menghindari kemubaziran pada seluruh fase pengaliran air di permukaan bumi. Oleh sebab itu, GHA ditujukan untuk meningkatkan ketersediaan air, efisiensi penyaluran dan penggunaan serta menekan kehilangan dan pemborosan pemakaiannya. Dalam pelaksanaannya terdapat tiga strata pendekatan yang saling terkait, yaitu

1. *Pendekatan Strategis*, yaitu mengidentifikasi wilayah menurut status, tingkat dan intensitas kekeringan dan/atau banjir berdasarkan neraca air, karakteristik dan pola curah hujan yang diintegrasikan dengan faktor tanah.
2. *Pendekatan Taktis*, yaitu mengembangkan dan menerapkan berbagai teknik ramalan musim, iklim, dan cuaca yang lebih andal dengan ragam data yang lebih lengkap dengan memanfaatkan metode simulasi/*modeling* dan teknologi indera jauh.
3. *Pendekatan Operasional*, yaitu upaya penanggulangan kekeringan pertanaman di lapang, antara lain dengan pengalihan wilayah

sasaran irigasi, pemanfaatan sumber daya air alternatif (air tanah dan hujan buatan).

Program aksi GHA mencakup empat subprogram yang meliputi pengembangan sumber daya manusia (SDM), investasi, pengembangan iptek, dan kelembagaan. Subprogram investasi ditujukan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas sarana irigasi, pemanfaatan sumber daya alternatif, teknik konservasi, dan jaringan pengamatan air dan iklim. Subprogram iptek tertuju untuk identifikasi wilayah (iklim dan lahan), standardisasi, peningkatan mutu ramalan, teknologi hemat air, dan lain-lain. Sementara itu, subprogram kelembagaan tercakup dalam upaya menumbuh-kembangkan apresiasi terhadap sumber daya air, penataan lembaga terkait dengan sistem koordinasi dan terwujudnya forum komunikasi pemikir dan lembaga-lembaga tersebut. Upaya pengembangan teknologi pertanian hemat air merupakan tindakan strategis dalam melaksanakan efisiensi air secara keseluruhan karena besarnya porsi penggunaan sumber daya air untuk pertanian. Untuk itu, penerapan efisiensi pengelolaan air untuk pertanian ini harus didasarkan pada analisis komponen-komponen neraca air atau hidrologi.

Bab 2

Pengembangan Teknologi dan Manajemen Irigasi Hemat Air

Alternatif untuk mengantisipasi masalah-masalah yang telah disebutkan dalam Bab 1 dan sekaligus dalam rangka proaktif mengisi kegiatan Gerakan Hemat Air (GHA) yang dicanangkan oleh Presiden RI sejak tahun 1994 adalah dalam bidang pertanian digunakan teknologi-teknologi pengairan yang berefisiensi tinggi dalam pemanfaatan air irigasi. Teknologi irigasi bertekanan yang memanfaatkan teknik perpipaan, seperti *sprinkler* dan tetes, diketahui memiliki tingkat penggunaan air yang signifikan berefisiensi tinggi dibandingkan dengan irigasi saluran terbuka atau gravitasi, merupakan alternatif yang dapat diimplementasikan (Meijer, 1989).

Beberapa teknologi dan manajemen irigasi yang hemat dalam pemanfaatan sumber-sumber air yang ada untuk keperluan terutama pertanian yang selama ini dikembangkan oleh Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, di antaranya adalah irigasi curah/*sprinkler*, tetes, kendi, tabung mariote, dan pompa hidram.

Untuk alternatif aplikasi teknologi yang sesuai atau tepat guna untuk keperluan irigasi hemat air diperlukan data iklim lahan dan agronomi tanaman yang dibudidayakan, data struktur dan tekstur tanah, kualitas dan kuantitas sumber air serta spesifikasi peralatan yang digunakan. Manajemen operasional dan pemeliharaan sistem irigasi yang digunakan merupakan bagian dari kegiatan sistem irigasi tersebut demi tercapainya

irigasi yang hemat air sekaligus efisien, baik dalam pengaturan waktu irigasi maupun dalam pemanfaatan sumber air yang terbatas.

A. PENGEMBANGAN TEKNOLOGI IRIGASI SISTEM CURAH/*SPRINKLER*

Irigasi sistem curah seringkali disebut juga sebagai *overhead irrigation* atau irigasi sistem *sprinkler* (Gambar 4), mengingat bahwa pemberian air dilakukan dari atas tanaman dan diusahakan mendekati keadaan hujan. Fungsi utama dari sistem irigasi curah adalah untuk memberikan air secara merata dan efisien pada areal pertanian tertentu dengan jumlah dan kecepatan yang sama atau kurang dari daya penyerapan tanah (Meijer, 1989).

1. Irigasi Sistem *Sprinkler* di Lampung Selatan untuk Tanaman Hortikultura

Irigasi sistem *sprinkler* yang digunakan bersifat portabel, di mana sistem pipa distribusinya dapat dipindah-pindahkan secara manual (Gambar 4). *Nozel sprinkler* dari tipe *full circle impact sprinkler* (Gambar 5).



Sumber: <http://www.diytrade.com/china/pd> (3 Oktober 2014)

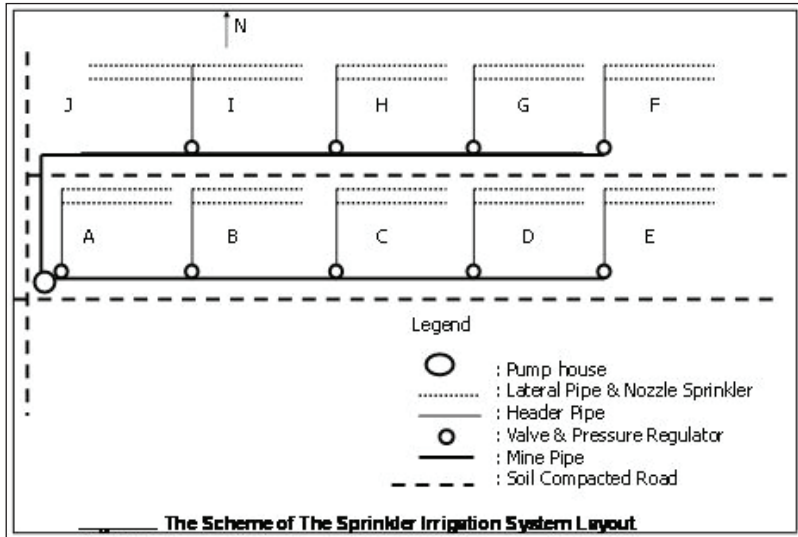
Gambar 4. Hand move Portable Sprinkler



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 5. Full Circle Impact Sprinkler

Perancangan irigasi sistem *sprinkler* dilakukan terhadap lahan pertanian di Tanjung Bintang, Kabupaten Lampung Selatan seluas 20 hektare pada tahun 1994 (Gambar 6) dengan tekstur tanah berupa pasir lempungan. Tanaman yang dibudidayakan adalah cabai, tomat, nanas, pisang, dan anggur. Modulus irigasi terbesar untuk tomat terjadi pada bulan Agustus sebesar 0,31 liter/detik/hektare, anggur pada bulan September sebesar 0,24 liter/detik/hektare, pisang pada bulan Oktober sebesar 0,41 liter/detik/hektare, nanas pada bulan Oktober sebesar 0,21 liter/detik/hektare, dan cabai pada bulan Agustus sebesar 0,32 liter/detik/hektare. Interval pemberian air irigasi adalah 5 hari. Maksimum lamanya penyiraman tiap *nozel sprinkler* untuk cabai: 5,56 jam, tomat: 5,56 jam, anggur: 4,17 jam, pisang: 7,09 jam, dan nanas: 3,61 jam. Daya pompa: 11,07 Hp dengan debit 17 liter/detik (Tribowo & Sudaryanto, 1996 dan Tribowo & Sukirno, 2009).



Gambar 6. Layout Perpipaan Irigasi Sistem *Sprinkler* di Tanjung Bintang, Kabupaten Lampung Selatan Seluas 20 hektare (1994)

2. Irigasi Sistem *Sprinkler* di Lampung Selatan untuk Rumput Pakan Domba

Topografi lahan rumput pakan ternak yang digunakan sebagai lahan uji-coba implementasi irigasi sistem *sprinkler* di Tanjung Bintang, Kabupaten Lampung Selatan pada tahun 1995 (Gambar 7) merupakan lahan yang relatif datar. Jarak *nozel sprinkler* 12 meter x 12 meter; dengan debit setiap *nozel* rata-rata 14 liter/menit. Empat buah *nozel sprinkler* dipasang untuk 1 petak lahan rumput pakan ternak domba dengan debit 56 liter/menit.

Tekanan (*pressure gauge*) pompa listrik 2,0 bar; sedangkan tekanan (*pressure gauge*) pada *nozel sprinkler* 1,0 bar (Gambar 8). Modulus irigasi terbesar atau kebutuhan air irigasi terbesar pada tingkat tanaman pakan domba terjadi pada bulan Agustus, di mana diperlukan air sebesar 0,58 liter/detik/hektare. Maksimum lamanya penyiraman tiap *nozel sprinkler* (bulan Agustus) adalah 6 jam 35 menit; 200 menit (4 x 50 menit) digunakan untuk mengisi tangki volume 1.500 liter



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 7. Irigasi Sistem *Sprinkler* untuk Rumput Pakan Ternak Domba



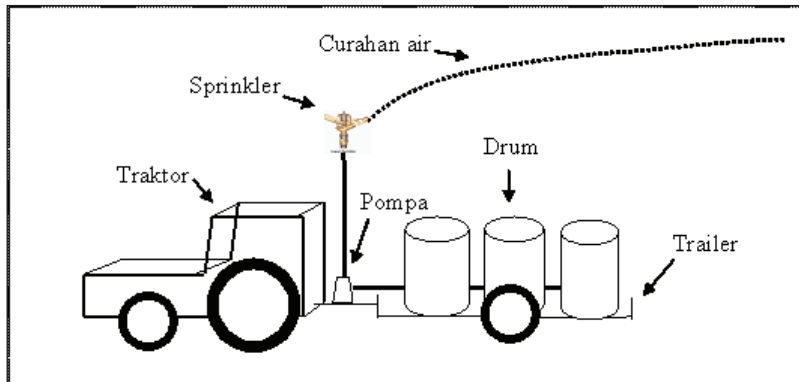
Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 8. *Pressure Gauge* pada Nozel *Sprinkler* 1,0 Bar

dengan *jet-pump*, dan 3 jam 15 menit untuk penyiraman melalui *nozel sprinkler* dengan pompa listrik bertenaga 500 watt, dengan interval pemberian air 3 hari. Sementara itu, kebutuhan daya pemompaan untuk operasional *sprinkler* adalah 0,33 Hp (247 watt) dengan debit 56 liter/menit (Tribowo, 1997).

3. Irigasi Sistem *Sprinkler* dengan Tangki Portabel

Irigasi sistem *sprinkler* dengan tangki portabel merupakan irigasi curah dengan sumber air yang berasal dari enam buah drum yang ditempatkan di atas *trailer*, masing-masing drum dihubungkan dengan pipa plastik berdiameter 1½ inci (Gambar 9). Hal ini dikarenakan pada saat operasional terjadi guncangan, pemakaian pipa plastik ini menambah fleksibilitas dari guncangan tiap-tiap drum. Sistem *sprinkler* ini diuji-cobakan di Balai Pengembangan Teknologi Tepat Guna-LIPI pada tahun 1992. Sistem *sprinkler* terdiri atas kepala *sprinkler/nozel*, pompa sentrifugal, enam buah drum di atas *trailer*, traktor 32 Hp, dan sistem perpipaan antara sumber air, pompa, dan outlet air. Pada saat kebutuhan air mencapai puncaknya, yaitu 6,7 mm/hari, sistem *sprinkler* tersebut dapat mengairi sampai 8.533 m² luas lahan per hari (Tribowo, 1992).



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 9. Ilustrasi Irigasi Sistem *Sprinkler* dengan Tangki Portabel

4. Irigasi Sistem *Sprinkler* untuk Tanaman Hias

Irigasi sistem *sprinkler* untuk tanaman hias merupakan satu unit sistem *sprinkler* yang terdiri atas satu buah mesin pompa berbahan bakar solar bertenaga 8,5 Hp, perpipaan (umumnya berbahan PVC), dan *nozel sprinkler* berdiameter 0,5 inci dari jenis *full circle impact sprinkler*. Hasil perancangan dimanfaatkan untuk penyiraman taman tanaman hias di Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna, Subang dari tahun 1997 sampai dengan tahun 2010. Ilustrasi irigasi sistem *sprinkler* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 10. Modul irigasi terbesar atau kebutuhan air irigasi terbesar pada tingkat tanaman terjadi pada bulan Agustus, di mana diperlukan air sebesar 0,45 liter/detik/hektare. Maksimum lamanya penyiraman tiap *nozel sprinkler* (bulan Agustus) adalah 50 menit. Dengan menggunakan 14 buah *nozel sprinkler*, seluruh tanaman hias dapat disirami. Debit air yang diperlukan selama pengoperasian unit *sprinkler* adalah 11,76 m³/jam (Tribowo dan Augusto, 1997).



Sumber: centexsprinklers.com (27 Oktober, 2014)

Gambar 10. Ilustrasi Irigasi Sistem *Sprinkler* untuk Tanaman Hias

5. Irigasi Sistem *Sprayer* Semi-otomatis

Beberapa tanaman seperti anggrek menghendaki penyiraman yang menyeluruh dari bagian daun hingga daerah perakaran (Rahardi, 1997) dengan bentuk curahan butiran air yang relatif kecil yang umumnya dilakukan dengan cara penyemprotan dengan bantuan alat yang biasa disebut *sprayer*. Alat ini dapat berukuran 1 liter (*hand sprayer*); 5 liter (*sprayer* tenteng); lebih dari 5 liter (*sprayer* endong), dan sistem irigasi *sprayer* dengan jaringan perpipaan beserta pompa airnya yang umum digunakan untuk irigasi tanaman di dalam *greenhouse*. Bentuk curahan air berupa butiran kecil atau kabut selain untuk menyirami tanaman juga berfungsi untuk menurunkan suhu dan menaikkan kelembapan udara di sekitar pencurahan (Tribowo, 2009).

Irigasi sistem *sprayer* dengan jaringan perpipaan umumnya terkendala pada ketersediaan *nozel* pencurah, tidak seperti pipa PVC yang mudah didapat di toko bahan bangunan. Oleh sebab itu, perlu dibuatkan *nozel* dengan teknik semispiral dari bahan yang mudah didapat agar dengan tekanan air tertentu dapat membuat air keluar melalui *nozel* tersebut dalam bentuk butiran air yang halus mendekati bentuk kabut. Otomatisasi operasional sistem irigasi diperlukan karena sistem irigasi tidak dapat dioperasikan secara manual, misalnya pada hari libur maka sistem irigasi dilengkapi *unit timer automatic mekatronic* yang bekerja secara otomatis mengatur waktu dan lamanya pemberian curahan air irigasi (Considine, 1985 dan Usher, 1985).

a) Tahapan Pembuatan

Bahan pembuatan *nozel* pencurah terdiri atas pipa PVC yang dipanaskan lalu dipres sehingga berbentuk lempengan, karet penahan bocor, soket drat luar, dan penutup berulir PVC diameter 1 inci. Lempengan PVC digergaji berbentuk bundar dengan diameter 1 inci (Gambar 11). Lubang dibuat sebanyak 3 buah berdiameter 1 mm dengan menggunakan bor. Di antara cekungan pusat dengan tiga lubang kecil tersebut dibuat alur berbentuk parabola dengan menggunakan pahat

kecil. Dari lempengan PVC kembali dibuat bundaran berdiameter 1 inci sebagai penahan bundaran PVC dengan tiga lubang tersebut di atas dan di bagian tengah dibuat lubang dengan diameter 3 inci (Gambar 12).

Tampak atas dan samping dari *nozel* pencurahan dapat dilihat pada Gambar 13 dan 14. Penutup PVC berulir tersebut harus dipasang



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 11. Pembuatan Pengalut Air Curahan dari Bahan Pipa PVC yang Dipotong dan Dipres dengan Pemanasan



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 12. Bagian dari *Nozel*; Karet Seal (Penahan Bocor), Satu Set Pengalut Air Curahan Berbentuk Semi spiral (Alur Dibuat dengan Menggunakan Pahat Kecil), PVC Penutup Berulir dan PVC soket Drat Luar Berdiameter 1 Inchi



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 13. Tiga Buah Lubang *Nozel* Berdiameter 1 mm, Tempat Keluarnya Air Berbentuk Curah Butiran Air



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 14. Tampak Samping *Nozel* Pencurahan yang Terbuat dari Bahan PVC Soket Drat Luar dan Penutup Berulir dengan Ukuran Diameter 1 inchi

dengan rapat sehingga tidak ada kebocoran. Kebocoran akan mengurangi performansi dari curahan yang keluar dari *nozel* tersebut.



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 15. Unit Peralatan Pompa Air, Penjernih Air, Bak Air Plastik Fiber, dan *Timer* Otomatis



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 16. Irigasi *Sprayer* Sedang Beroperasi secara Otomatis untuk Menyirami Tanaman. Hal ini Dilakukan pada Saat Penyiraman di Luar Hari Kerja

b) Prinsip Kerja

Irigasi curah berbentuk butiran halus (*sprayer*) memerlukan tekanan air yang cukup serta air yang bersih dari kotoran agar tidak menyumbat lubang keluarnya air pada *nozel sprayer*. Oleh karena itu, diperlukan pompa air dan penjernih air, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 15. Debit *sprayer* rata-rata 3 liter setiap 5 menit (waktu *sprayer* otomatis) dengan tekanan pompa 1,2 bar. Tekanan air yang lebih besar akan membuat butiran air yang keluar dari *sprayer* semakin halus (Tribowo, 2009). Posisi *nozel* dan bentuk curahan dapat dilihat pada Gambar 16.

B. PENGEMBANGAN TEKNOLOGI IRIGASI SISTEM TETES DAN SEJENISNYA

Teknologi irigasi bertekanan rendah yang memanfaatkan teknik perpipaan, seperti tetes dan sejenisnya, diketahui memiliki tingkat penggunaan air yang signifikan berefisiensi tinggi dibandingkan dengan irigasi saluran terbuka atau gravitasi. Teknologi ini merupakan alternatif teknologi yang dapat dikembangkan untuk akhirnya dapat diimplementasikan. Irigasi sistem tetes sangat potensial untuk diterapkan pada usaha tani kering dengan ketersediaan air yang sangat terbatas (Gambar 17).



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 17. Pemasangan Perpipaan dan *Emitter*/Penetes Irigasi Sistem Tetes



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 18. Salah Satu Tipe Penetes pada Irigasi Sistem Tetes yang Diletakkan di Dekat Daerah Perakaran Tanaman

Sistem pengairan dengan pipa-pipa plastik mengalirkan air melalui pipa yang menggunakan penetes yang memiliki spesifikasi debit aliran tertentu untuk kemudian diteteskan di dekat tanaman (Gambar 18). Pengaliran air berupa tetesan akan meminimalkan kehilangan air karena evaporasi. Selain itu, laju dan waktu pemberian air dapat diatur untuk meniadakan *run-off* dan meminimalkan kehilangan air karena perkolasi.

Pada tahap awal kegiatan pengembangan sistem irigasi hemat air, dalam hal ini irigasi sistem tetes (1998), seluruh perpipaan yang terbuat dari polietilen didatangkan dari luar negeri/eks-impor Belanda dan German. Secara bertahap, beberapa bagian dari sistem tetes tersebut dimodifikasi dengan bahan lokal (Gambar 17). Modifikasi dimulai dari *emitter/dripper*/penetes yang dilanjutkan dengan pemanfaatan pipa PVC, slang plastik 3/8” dan penggunaan bak *tower* sebagai pengganti air bertekanan yang sebelumnya menggunakan pompa. Beberapa teknologi dan manajemen irigasi sistem tetes dan sejenisnya yang hemat dalam pemanfaatan sumber-sumber air yang ada untuk keperluan, terutama pertanian yang selama ini dikembangkan di

Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, di antaranya adalah irigasi sistem tetes (bahan impor dan lokal), kendi, tabung *mariote*, atau yang dikombinasikan dengan *sprinkler*.

1. Irigasi Sistem Tetes Eks Impor: Irigasi Sistem Tetes di Lampung Selatan untuk Tanaman Hortikultura

Perancangan irigasi sistem tetes dibuat untuk lahan pertanian di Tanjung Bintang, Kabupaten Lampung Selatan yang ditanami cabai, tomat, nanas, pisang, dan anggur seluas sekitar 20 hektare dengan tekstur tanah berupa pasir lempungan pada tahun 1998. Penetes pada sistem irigasi tetes eks-impor dapat dilihat pada Gambar 19 dan 20. Kebutuhan air irigasi terbesar pada tingkat penetes untuk cabai terjadi pada bulan Agustus, yaitu sebesar 0,36 liter/detik/hektare, tomat pada bulan Agustus sebesar 0,34 liter/detik/hektare, anggur pada bulan September sebesar 0,27 liter/detik/hektare, pisang pada bulan Oktober sebesar 0,46 liter/detik/hektare, dan nanas pada bulan Oktober sebesar 0,23 liter/detik/hektare (Tribowo, 1998).

Maksimum lamanya penetesian tiap penetes dengan debit tetesan 2 liter/jam untuk cabai adalah 7,75 jam, tomat: 7,73 jam, nanas:



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 19. Penetes Irigasi Sistem Tetes Eks-impor

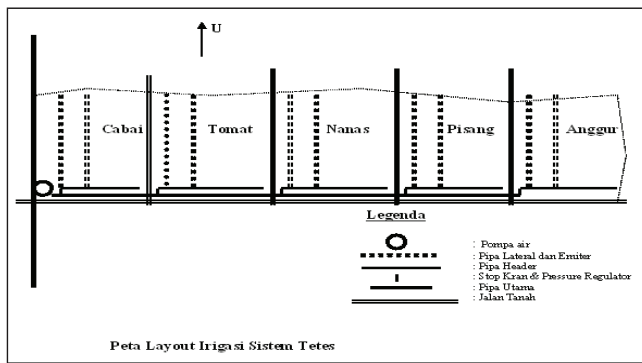


Sumber: www.budmech.com.pl (Mei, 2013)

Gambar 20. Tipe lain Penetes Eks-impor

4,96 jam, pisang: 11,92 jam, dan anggur: 6,96 jam, dengan interval irigasi setiap 5 hari sekali diberi air irigasi. Daya pompa terbesar dibutuhkan untuk operasional sistem tetes, yaitu sebesar 7,05 Hp atau 5,20 kilowatt (kW) apabila menggunakan pompa listrik (dengan asumsi efisiensi mesin pompa mencapai 50%), dengan debit pompa sebesar 86,62 m³/jam (Tribowo, 1998).

Untuk perhitungan kebutuhan debit dan daya pompa perlu dibuat peta *layout* perpipaan termasuk pompa dan penetes. Peta *layout* perpipaan dapat dilihat pada Gambar 21. Perhitungan pada tahap pertama dilakukan pada lahan cabai, dan dilanjutkan dengan



Sumber: Tribowo (1998) yang dikembangkan.

Gambar 21. Peta *Layout* Perpipaan Irigasi Sistem Tetes

Tabel 1. Kebutuhan Debit dan Tekanan Air untuk Setiap Tanaman pada Saat Puncak Kebutuhan Air

Tanaman	Cabai	Tomat	Nanas	Pisang	Anggur
Rata-rata luasan lahan (ha)	4	4	4	4	4
Rata-rata panjang pipa lateral (m)	205	205	205	205	205
Tekanan penetes tertinggi karena adanya perbedaan topografi (m)	14	15	15,5	14	11
Rata-rata debit penetes (l/jam)	2,06	2,08	2,08	2,06	2,01
Kehilangan tekanan pipa lateral (m)	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
Kehilangan tekanan pipa header (m)	0,59	0,60	0,60	0,12	0,12
Kehilangan tekanan karena fittings (m)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Total kehilangan tekanan (m)	0,97	0,98	0,98	0,50	0,50
Tekanan pompa (m)	10,97	10,98	10,98	10,50	10,50
Debit pompa (m ³ /jam)	85,85	86,62	86,62	28,91	28,19

Sumber: Tribowo (1998). Panduan Teknis Perancangan Irigasi Sistem Tetes.

lahan tanaman lainnya. Demikian juga dengan beda tinggi permukaan lahan turut memengaruhi *head*/tekanan pada sistem tetes. Untuk mengetahui debit dan tekanan air maksimum yang diperlukan untuk setiap lahan tanaman, dibuat tabulasi seperti pada Tabel 1.

Dengan demikian, kebutuhan debit air pompa yang paling besar adalah 86,62 m³/jam dengan tekanan 10,98 meter kolom air. Untuk debit air pompa yang lebih kecil dari 86,62 m³/jam diperlukan pengatur debit (*flow regulator*) tanpa mengurangi tekanan air yang diperlukan untuk operasional irigasi sistem tetes. Untuk mendapatkan daya pompa yang diperlukan bagi pengaliran sejumlah air dengan tekanan tertentu menggunakan rumus:

$$\text{Daya (Hp)} = \frac{\text{Debit (m}^3\text{/jam)} \times \text{Tekanan (m)}}{2,7 \times \text{Efisiensi pompa}}$$

Tabel 2. Lama Waktu Pemberian Air Irigasi

Periode Lama pemberian air	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt
Cabai (Debit: 85,85 m ³ /jam) jam			4,53	3,08	7,75	3,03	2,38
Tomat (Debit: 86,62 m ³ /jam) jam			4,53	2,16	7,73	3,02	1,29
Nanas (Debit: 86,62 m ³ /jam) jam			-	0,17	0,43	-	4,96
Pisang (Debit: 28,91 m ³ /jam) jam		2,58	6,72	6,72	6,18	2,34	11,92
Anggur (Debit: 28,19 m ³ /jam) jam	0,78	-	0,08	2,58	3,63	6,96	-

Sumber: Tribowo (1998). Panduan Teknis Perancangan Irigasi Sistem Tetes



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 22. Irigasi Sistem Tetes Tipe Eks-impor di Dalam *Greenhouse* untuk Tanaman di Dalam *Polybag* maupun ½ Drum

Dengan demikian, daya pompa untuk debit air 86,62 m³/jam dan tekanan 10,98 m dengan asumsi efisiensi pompa mencapai 50% adalah 7,05 Hp atau sama dengan 5,20 kW.

Lama waktu pemberian air selama masa pemberian air irigasi untuk seluruh tanaman (cabai, tomat, nanas, pisang, dan anggur) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 3. Perancangan Kalender Tanam dan Pola Tanam Jeruk Siam

Periode Hari Tahun I	Jan 31	Feb 28	Mar 31	Apr 30	Mei 31	Jun 30	Jul 31	Agt 31	Sep 30	Okt 31	Nov 30	Des 31
Growing Stage	Bibit umur 1 thn					Vegetatif						
Kc Period	0,35	0,35	0,4	0,4	0,45	0,45	0,45	0,5	0,5	0,5	0,55	0,55
Periode Hari Tahun I	Jan 31	Feb 28	Mar 31	Apr 30	Mei 31	Jun 30	Jul 31	Agt 31	Sep 30	Okt 31	Nov 30	Des 31
Growing Stage	Vegetatif											
Kc Period	0,55	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,85	0,85
Periode Hari Tahun I	Jan 31	Feb 28	Mar 31	Apr 30	Mei 31	Jun 30	Jul 31	Agt 31	Sep 30	Okt 31	Nov 30	Des 31
Growing Stage	Vegetatif Pembungaan										Buah matang sebagian	
Kc Period	0,85	0,9	0,9	0,9	0,95	0,95	0,95	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1

Keterangan: Kc : Faktor tanaman

Kc period untuk Tahun IV dan seterusnya adalah rata-rata 1,1 (Doorenbos *et al.*, 1979)

2. Irigasi Sistem Tetes Eks Impor: Irigasi Sistem Tetes untuk Tanaman Jeruk Siam di dalam Pot

Studi dilakukan untuk perancangan irigasi sistem tetes di dalam *greenhouse* (Gambar 22). *Greenhouse* digunakan untuk mengurangi intensitas cahaya matahari langsung pada tanaman yang dibudidayakan dan meniadakan curah hujan di dalam *greenhouse* sehingga pemberian air untuk tanaman hanya dari irigasi sistem tetes. Pengurangan intensitas cahaya matahari langsung akan berdampak pada pengurangan evapotranspirasi tanaman.

Lahan yang digunakan untuk bangunan *greenhouse* berada di dalam lingkungan Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna-LIPI Subang, Jawa Barat. Tanaman yang dibudidayakan di dalam pot adalah jeruk siam (*Citrus nobilis*) yang dapat berbuah di dalam pot.

Tanah di dalam pot (1/2 drum) dengan tinggi 30 cm memiliki tekstur lempung liat berdebu. Penetes yang digunakan dalam perancangan adalah yang memiliki debit tetesan 2 liter/jam pada tekanan 5 meter kolom air dan setiap pot menggunakan 2 buah penetes.

Perancangan kalender tanam dan pola tanam untuk tanaman jeruk siam (*Citrus nobilis*) di dalam pot dapat dilihat pada Tabel 3, dengan asumsi bibit yang ditanam telah berumur 1 tahun.

Penggunaan *greenhouse* selain mengurangi intensitas cahaya sinar matahari langsung juga meniadakan curah hujan menyirami tanaman di dalamnya sehingga curah hujan tidak dihitung dalam perhitungan kebutuhan air irigasi untuk tanaman. Dengan demikian, kebutuhan air irigasi pada tingkat tanaman atau modulus irigasi (Qo) dihitung berdasarkan maksimum evapotranspirasi (ETm) tanaman saja di mana:

$$ETm = ETo \times Kc$$

$$Qo = ETm \text{ (mm/hari)} \times 0,116 \frac{\text{l/det/ha}}{\text{mm/hari}}$$

Modulus irigasi terbesar terjadi pada bulan September tahun IV dst., bulan November tahun III/IV dst., di mana diperlukan air

Tabel 4. Modulus Irigasi Tanaman Jeruk Siam

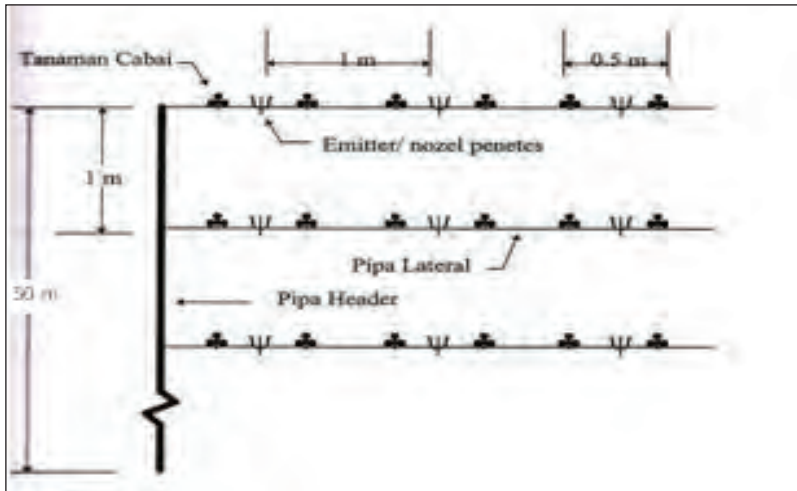
Tahun I	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
Qb 1/ det/ha	0,14	0,14	0,17	0,18	0,20	0,18	0,18	0,23	0,26	0,24	0,28	0,26
Tahun II	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
Qb 1/ det/ha	0,22	0,24	0,25	0,26	0,32	0,28	0,28	0,36	0,41	0,39	0,43	0,40
Tahun III	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
Qb 1/ det/ha	0,34	0,37	0,38	0,40	0,43	0,37	0,39	0,45	0,51	0,49	0,56	0,52
Tahun IV	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
Qb 1/ det/ha	0,43	0,45	0,46	0,49	0,50	0,43	0,45	0,50	0,56	0,54	0,56	0,52

sebesar 0,56 liter/detik/hektare atau 4,8 mm/hari. Besarnya modulus irigasi (Qo) dapat dilihat pada Tabel 4.

Maksimum lama waktu pemberian air irigasi terjadi pada bulan September tahun IV dst., bulan November tahun III/IV dst., yaitu selama 54 menit. Pada bulan lain tentunya kebutuhan waktu pemberian air akan lebih rendah. Dengan debit untuk 6 buah pot sebesar 0,024 m³/jam dan tekanan air sebesar 5 meter kolom air maka keperluan tenaga pompa pada *pumpschaft* (efisiensi pompa: 60%) untuk operasional irigasi sistem tetes pada puncak kebutuhan air (bulan September tahun IV dst., bulan November tahun III/IV dst.) adalah 0,5 watt atau setara 0,0007 Hp. Irigasi sistem tetes di dalam *greenhouse* dapat mengendalikan masa berbunga/berbuah dengan perlakuan stres air dan pemupukan yang tepat. Dengan demikian, studi selanjutnya adalah optimalisasi perlakuan pemberian air irigasi untuk mendapatkan hasil panen yang baik dan dapat diatur masa panennya untuk mendapatkan keuntungan yang optimal pula.

3. Irigasi Sistem Tetes Eks-impor: Irigasi Sistem Tetes untuk Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum var. longum*) dengan Pemupukan *Bokashi* Pupuk Kandang Sapi dan N,P,K

Dengan didukung irigasi sistem tetes yang berefisiensi tinggi dan mudah dalam pengoperasiannya, bersinergi dengan pemanfaatan sistem irigasi tersebut maka dilakukan pula pemberian *bokashi* pada media tanam yang bertujuan untuk mengetahui apakah perlakuan tersebut dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil produksi tanaman cabai merah, dan berapakah dosis pupuk N, P, K yang dapat dikurangi bila dikombinasikan dengan *bokashi* untuk mendapatkan pertumbuhan dan hasil tanaman cabai merah yang baik. Interval pemberian air irigasi sistem tetes dirancang untuk 1 hari sekali diberi air. Penetes yang digunakan dalam perancangan adalah yang memiliki debit tetesan rata-rata 2 liter/jam pada tekanan 5 meter kolom air. Dengan interval 1 hari, besarnya pemberian air adalah 4,6 mm.



Sumber: Tribowo (1998). Panduan Teknis Perancangan Irigasi Sistem Tetes.

Gambar 23. *Layout* Perpipaan Irigasi Sistem Tetes untuk Tanaman Cabai

Dengan diameter tanah di dalam *polybag* 20 cm dan tinggi 20 cm, maka volume tanah yang basah oleh tetesan satu penetes adalah 0,14 liter. Q (debit) pipa utama untuk 84 buah *polybag* (Gambar 23) adalah $0,171 \text{ m}^3/\text{jam}$ dengan H (tekanan) pipa utama 5 meter kolom air. Maksimum lama waktu pemberian air irigasi terjadi pada bulan Agustus, yaitu selama 4 menit 12 detik. Pada bulan lain tentunya kebutuhan waktu pemberian air akan lebih rendah. Kombinasi pemberian *bokashi* dan pupuk N, P, K dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman cabai merah. Pemupukan dengan *bokashi* disertai N, P, K tiga perempat dosis dapat menyamai pertumbuhan dan hasil tanaman yang diberi *bokashi* disertai N, P, K dosis penuh. Bahkan pemberian *bokashi* tanpa pupuk N, P, K dapat menyamai hasil tanaman yang diberi pupuk N, P, K sebanyak seperempat dan setengah, juga menyamai hasil tanaman yang diberi pupuk kandang disertai N, P, K dosis penuh.

4. Irigasi Sistem Tetes Bahan Baku Lokal: Irigasi Sistem Tetes Penetes Sekrup di dalam *Greenhouse*

Irigasi sistem tetes menggunakan penetes tipe sekrup/ulir (Gambar 24) untuk media tanah di dalam *polybag* dan ditempatkan di dalam *greenhouse* (Gambar 25). Media tanah marginal dicampur dengan



Sumber: Koleksi pribadi.

Gambar 24. Penetes Tipe Sekrup



Sumber: Koleksi pribadi.

Gambar 25. Media Tanah di Dalam *Polybag* dan Ditempatkan di Dalam *Greenhouse* dengan Irigasi Sistem Tetes

pupuk organik atau anorganik secara proporsional dan ditempatkan dalam *polybag*. Lahan marginal tempat kegiatan berlangsung memiliki tekstur pasir sedang lempungan. Media tanah dicampur dengan pupuk kandang (sapi) dengan perbandingan 1 : 1 (volume). Tekstur tanah memiliki kadar air titik layu 18% dan kadar air kapasitas lapang 34%.

Tanaman yang dibudidayakan adalah cabai paprika (*Capsicum annum var. grossum*), tomat buah (*Solanum lycopersicum*), dan melon (*Cucumis melo* L.) (Gambar 26–29). Modulus irigasi terbesar terjadi pada tanaman paprika pada bulan September, yaitu sebesar 0,60 liter/detik/hektare atau 5,2 mm/hari. Dari angka interval irigasi didapatkan bahwa pada bulan September untuk tanaman cabai paprika terjadi interval yang paling pendek, yaitu 1 hari.



Sumber: Koleksi pribadi.

Gambar 26. Tanaman Paprika



Sumber: Koleksi pribadi.

Gambar 27. Tanaman Tomat



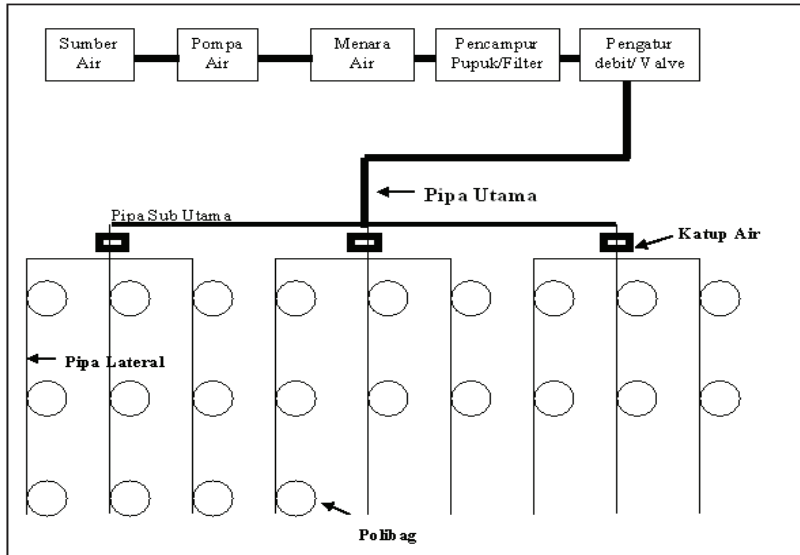
Sumber: Koleksi pribadi.

Gambar 28. Tanaman Melon



Sumber: Koleksi pribadi.

Gambar 29. Hasil Panen Tomat, Melon, dan Paprika



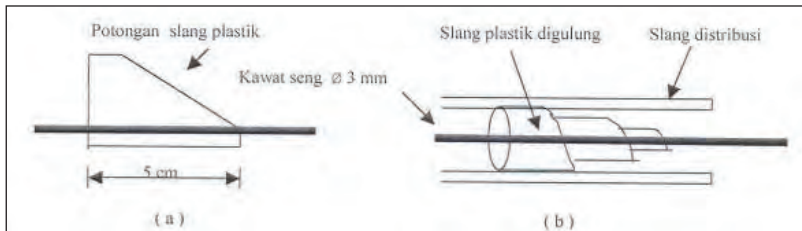
Sumber: Tribowo (2000). Irigasi Sistem Tetes *Emitter* Sekrup sebagai Alternatif Implementasi Irigasi Hemat Air pada Lahan Marginal untuk Usaha Agroindustri. Lokasi: Tanjung Bintang, Kabupaten Lampung Selatan Tahun 2000.

Gambar 30. Layout Irigasi Sistem Tetes Tipe Penetes Sekrup di Dalam Greenhouse

Perancangan irigasi sistem tetes tipe sekrup/ulir (Gambar 30) berdasarkan pada 1 hari interval irigasi. Penetes tipe sekrup yang digunakan dalam perancangan adalah yang memiliki debit tetesan rata-rata 2 liter/jam pada tekanan 5 meter kolom air. Keperluan tenaga pompa pada *pumps shaft* (efisiensi pompa: 40%) untuk operasional irigasi sistem tetes pada puncak kebutuhan air (bulan September) adalah 10 watt atau setara 0,015 Hp. Maksimum lama waktu pemberian air irigasi terjadi pada bulan September pada tanaman paprika, yaitu selama 7 menit 12 detik. Sementara itu, pada tanaman tomat dan melon serta penyiraman pada selain bulan September, membutuhkan waktu lebih rendah.

5. Irigasi Sistem Tetes Bahan Baku Lokal untuk Usaha Tani Intensif Skala Kecil

Usaha tani intensif skala kecil (*intensive small scale farming*) merupakan suatu kegiatan pertanian dalam luasan maksimal 2 (dua) hektare (Roscher, 1988) yang merupakan alternatif untuk menjawab semakin terbatasnya ketersediaan lahan untuk pertanian. Untuk mengatasi terbatasnya sumber air pada musim kemarau untuk keperluan irigasi tanaman maka dipilih alternatif menggunakan irigasi hemat air, yaitu irigasi sistem tetes dengan pengadaan bahan baku jaringan seluruhnya berasal dari daerah lokasi kegiatan (Gambar 31–39). Kebutuhan air tanaman atau sering diistilahkan dengan modulus irigasi, yang



Sumber: Tribowo (2003). Perancangan dan Uji Coba Aplikasi Irigasi Hemat Air untuk Usaha Tani Intensif Skala Kecil.

Gambar 31. Bentuk dan Spesifikasi Penetes Ulir Plastik



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 32. Penetes Ulir Listrik



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 33. Batang Kawat Seng Sepanjang 5 cm Dimasukkan ke Dalam Ulir Plastik Sedalam Setengah Bagaiannya

terbesar terjadi untuk tanaman cabai rawit dan cabai keriting pada bulan September, yaitu sebesar 1,25 liter/detik/hektare.

Dari lahan seluas 1.000 m², dibuat 36 guludan dengan tinggi 40 cm, lebar 100 cm, dan panjang 2.000 cm (Gambar 38 dan 39). Setiap guludan diberi penutup mulsa plastik perak hitam dan dipasang satu pipa lateral. Setiap 25 cm sepanjang pipa lateral terdapat slang distribusi beserta penetes tipe ulir plastik (Gambar 31 dan 32); ulir plastik yang dipasang beserta kawat lapis seng berdiameter 3 mm berfungsi sebagai *drip* regulator (Gambar 33). Pada operasional digunakan rata-rata debit setiap penetes adalah 8 liter/jam. Penetes ulir plastik dibuat dari bahan slang level/waterpas berdiameter 3/18 inci dengan dinding slang “tebal”.

Penetes berulir plastik beserta slang plastik distribusi sepanjang 40 cm ditempatkan pada pipa lateral dari bahan PVC berdiameter 1/2 inci dengan jarak 25 cm antarlubang tempat slang plastik distribusi. Pemasangan penetes/slang distribusi pada pipa lateral dapat dilihat pada Gambar 34. Pada Gambar 35 dapat dilihat bahwa perpipoaan irigasi sistem tetes dibuat secara *knock down* (mudah dipasang dan dilepas).



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 34. Pipa Plastik Penetes Dimasukkan ke Dalam Lubang Sepanjang Pipa Lateral yang Sudah di Bor Terlebih Dahulu



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 35. Perpipoaan Irigasi Sistem Tetes Dibuat secara *Knock Down* (Mudah Dipasang dan Dilepas)



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 36. Tinggi Bak Air Diletakkan 1 meter di Atas Jaringan Irigasi Sistem Tetes



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 37. *Greenhouse* Digunakan untuk Tanaman Melon, Paprika, dan Tomat dengan Irigasi Sistem Tetes



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 38. Usaha Tani dengan Irigasi Sistem Tetes di Desa Mekarjaya, Kecamatan Haurgeulis, Kabupaten Indramayu, Provinsi Jawa Barat



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 39. Usaha Tani dengan Irigasi Sistem Tetes Desa Kendai II, Kecamatan Woja, Kabupaten Dompus, Provinsi Nusa Tenggara Barat

Sumber air berasal dari sumur bor pantek yang dihisap dengan pompa listrik berkekuatan 125 watt dengan debit 25 liter/menit yang dimasukkan ke dalam bak penampung air terbuat dari fiberglas berkapasitas 1.000 liter yang diletakkan satu meter di atas permukaan tanah (Gambar 36). *Greenhouse* digunakan untuk tanaman melon, paprika, dan tomat dengan irigasi sistem tetes; hal ini dilakukan untuk mengoptimalkan hasil produksi ketiga tanaman tersebut (Gambar 37).

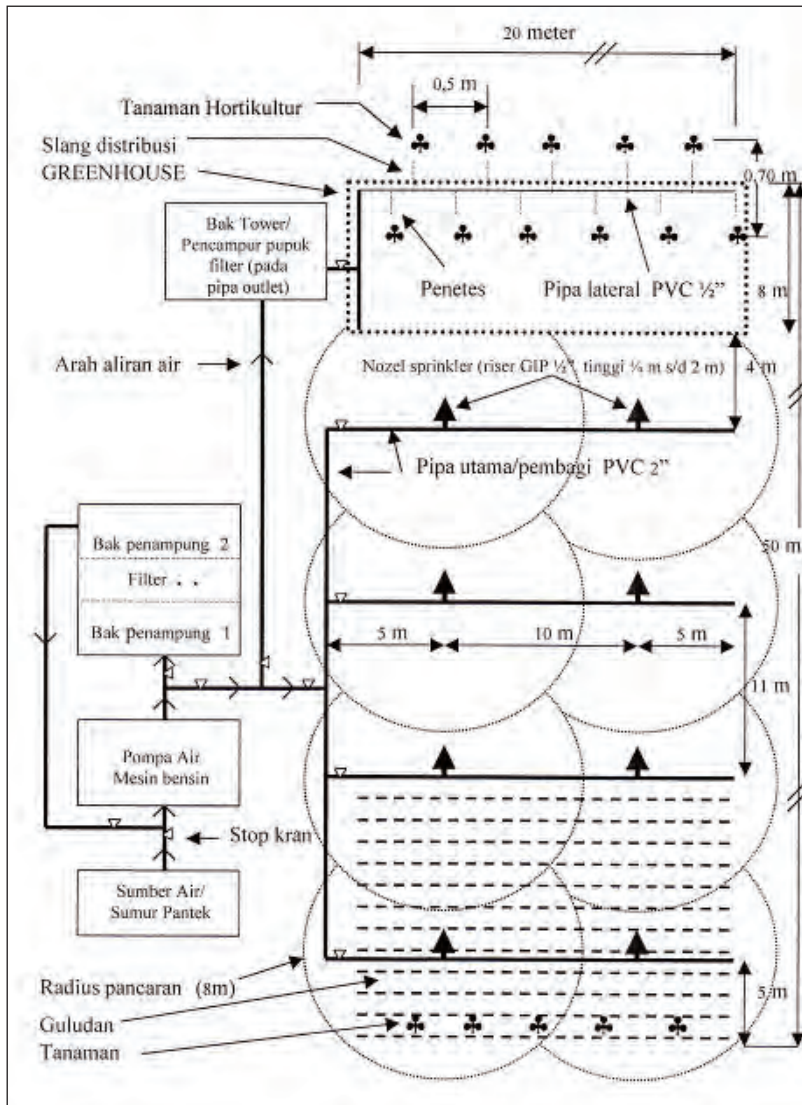
Dari perhitungan ketersediaan kandungan air dalam tanah dengan tekstur tanah liat atau lempung liat, evapotranspirasi tanaman beserta faktor depleksi kandungan air tanah maka dirancang interval pemberian air irigasi sebanyak dua kali sehari, yaitu pada pagi dan sore hari. Maksimum lama waktu untuk satu kali pemberian air irigasi adalah 11 menit 15 detik. Lama waktu pemberian air irigasi pada waktu dan untuk tanaman yang lain tentunya akan lebih kecil.

Aplikasi irigasi sistem tetes berbahan baku lokal untuk usaha tani intensif skala kecil diimplementasikan di Desa Mekarjaya, Kecamatan Haurgeulis, Kabupaten Indramayu, Provinsi Jawa Barat (Gambar 38) dan Desa Kendai II, Kecamatan Woja, Kabupaten Dompu, Provinsi Nusa Tenggara Barat (Gambar 39).

6. Kombinasi Irigasi Sistem Tetes Bahan Baku Lokal dengan *Sprinkler* untuk Usaha Tani Intensif Skala Kecil (Studi Kasus di Desa Mekarjaya, Kecamatan Haurgeulis, Kabupaten Indramayu)

Sprinkler yang digunakan adalah dari tipe SAN-EI C520F *full circle impact sprinkler*. Maksimum lamanya pemberian air setiap penyiraman (pagi atau sore hari) adalah 52 menit. Perancangan irigasi sistem *sprinkler* untuk lahan kegiatan memerlukan 8 buah *nozel sprinkler* (Gambar 40). Debit yang diperlukan untuk 8 buah *nozel sprinkler* adalah 6,72 m³/jam. Ukuran volume bak penampung 10 m³. Mesin pompa berbahan bakar bensin dengan spesifikasi 5 Hp dapat memenuhi operasional *sprinkler*. Bahan bakar bensin yang digunakan rata-rata 1 liter/jam (Tribowo dkk., 2004).

Perancangan jaringan irigasi sistem tetes dibuat untuk tanaman di dalam *greenhouse* (Gambar 40). Untuk pengendalian gulma dan pengurangan evaporasi dari permukaan tanah maka setiap guludan diberi penutup mulsa plastik perak hitam. Setiap guludan dipasang satu pipa lateral. Sepanjang pipa lateral, setiap 25 cm terdapat slang distribusi beserta penetes tipe ulir plastik. Ulir plastik yang dipasang

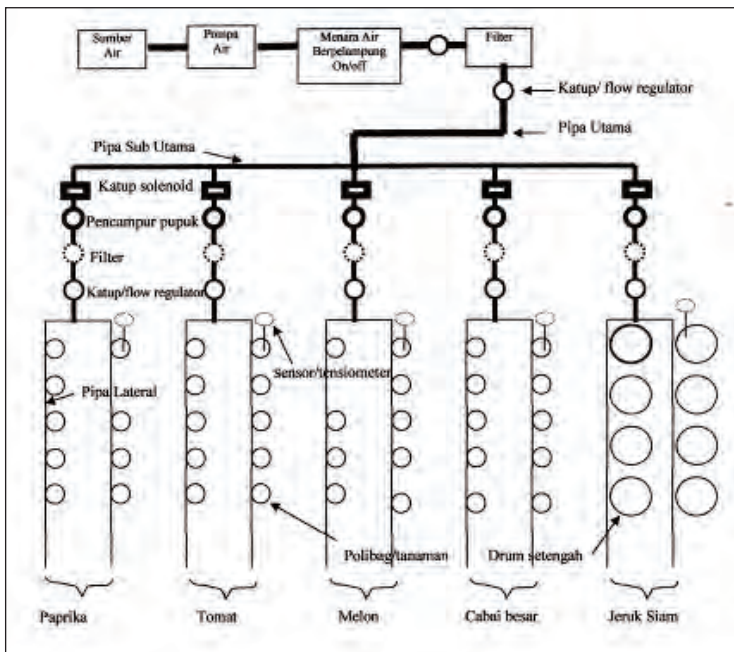


Sumber: Tribowo dkk. (2004). Analisis Kelayakan Pemanfaatan Kombinasi Irigasi *Sprinkler* dan Tetes untuk Usaha Tani Intensif Skala Kecil.

Gambar 40. *Layout* Kombinasi Irigasi Sistem Tetes dengan Irigasi Sistem *Sprinkler* untuk Lahan Seluas 1.000 m²

beserta kawat lapis seng berdiameter 3 mm berfungsi sebagai *drip regulator*. Debit setiap penetes adalah 8 liter/jam. Dengan asumsi efisiensi pemanfaatan air sebesar 90%, kebutuhan air irigasi yang dikeluarkan penetes adalah 10,6 mm/hari. Volume air pada tanah basah karena tetesan setiap penetes adalah 1,325 liter. Maksimum lama waktu pemberian air irigasi sistem tetes untuk tanaman paprika adalah 9 menit 54 detik (Tribowo dkk., 2004).

Pengaturan debit air yang keluar dari *nozel sprinkler* dapat dilakukan dengan mengatur setop kran untuk jaringan irigasi sistem



Sumber: Tribowo (2003). Perancangan Awal Otomatisasi Irigasi Tetes Tanaman Hortikultura di Dalam Greenhouse dengan Menggunakan Sensor Tensiometer.

Gambar 41. Layout Otomatisasi Irigasi Sistem Tetes Tipe Ulir di Dalam Greenhouse

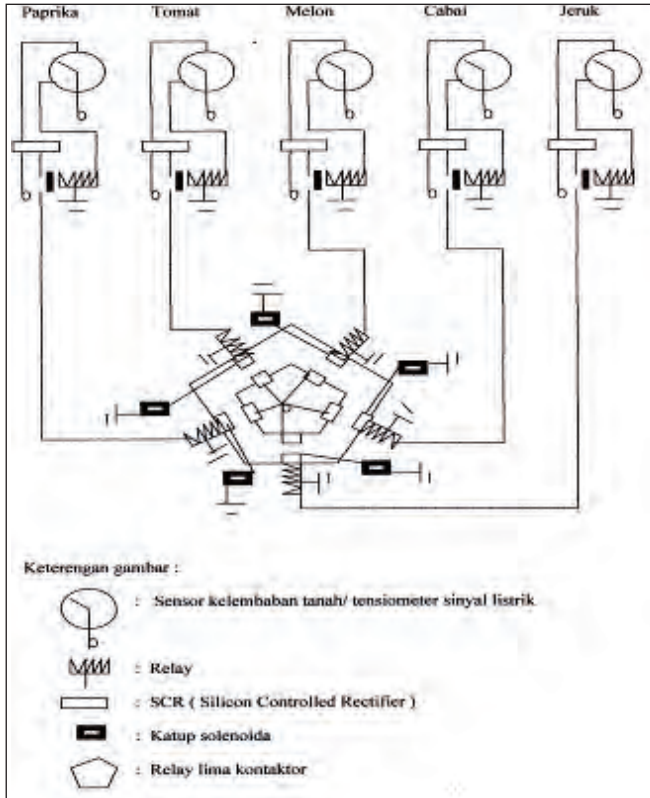
sprinkler, dapat juga dengan mengatur kecepatan putaran mesin atau mengatur keduanya secara saksama. Pengaturan debit air yang keluar melalui penetes dapat dilakukan dengan mengatur setop kran yang berada pada pipa *outlet* bak *tower*. Pada saat posisi setop kran terbuka penuh, rata-rata debit air yang keluar dari penetes adalah 8 liter/jam. Debit tetesan dapat lebih kecil dari 8 liter/jam, dengan mengatur posisi setop kran, namun hal ini jarang dilakukan (Tribowo dkk., 2004).

7. Otomatisasi Irigasi Sistem Tetes di dalam *Greenhouse*

Irigasi sistem tetes yang menggunakan energi listrik dapat diope-rasikan secara otomatis. Otomatisasi irigasi sistem tetes umumnya dilakukan pada tanaman di dalam *greenhouse* (Gambar 41). Namun, hal tersebut dapat juga dilakukan pada tanaman di lahan terbuka. Otomatisasi yang dirancang menggunakan rangkaian listrik analog sehingga mudah untuk dirakit dan diperbaiki apabila rusak.

Sensor kelembapan tanah menggunakan tensiometer yang di-modifikasi sehingga memiliki kemampuan memberikan sinyal listrik pada perubahan kandungan air tanah. Sensor diatur agar pada angka 50 cbar akan menghidupkan irigasi sampai dengan angka sensor mencapai 10 cbar yang akan mematikan irigasi secara otomatis. Kedalaman sensor yang ditanam di dalam media tanah adalah 1/3 dari dasar media tanah di dalam *polybag* atau drum. Irigasi sistem tetes tipe ulir diimplementasikan pada tanaman di dalam *polybag*, yaitu tanaman paprika, tomat, melon, dan cabai besar serta tanaman di dalam drum volume 100 liter, yaitu jeruk siam. Penetes tipe ulir yang digunakan adalah yang memiliki debit tetesan rata-rata 2 liter per jam pada tekanan 5 meter kolom air.

Dari beberapa tanaman yang dibudidayakan (paprika, tomat, melon, cabai, dan jeruk siam) dengan pemberian air irigasi sistem tetes secara otomatis, diperoleh perbedaan besarnya modulus dan interval irigasi dari setiap tanaman tersebut. Dengan melihat pada kenyataan ini, pemberian air irigasi dibuat tidak sekaligus untuk setiap



Sumber: Tribowo (2003). Perancangan Awal Otomatisasi Irigasi Tetes Tanaman Hortikultura di dalam *Greenhouse* dengan Menggunakan Sensor Tensiometer.

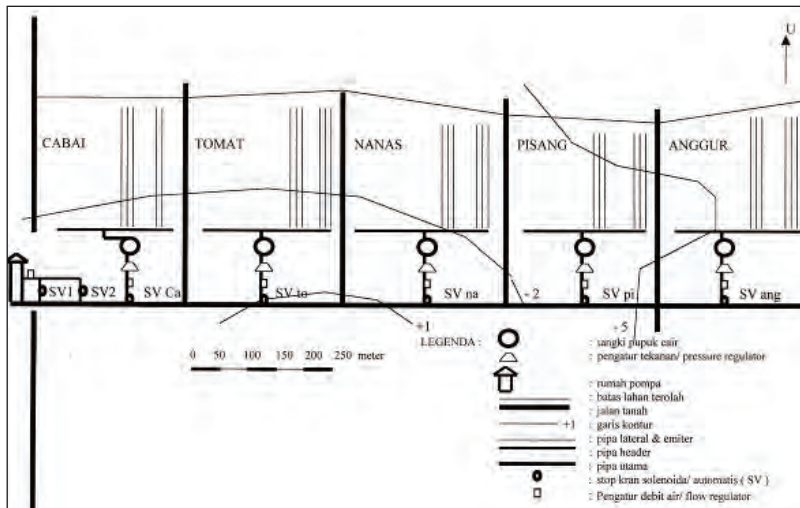
Gambar 42. Rangkaian Listrik Otomatisasi Irigasi Sistem Tetes di Dalam *Greenhouse*

jenis tanaman, tetapi diberikan secara bergiliran secara simultan. Untuk memenuhi hal tersebut, diperlukan *relay* yang memiliki kontaktor sebanyak yang diperlukan; dalam hal ini diperlukan 5 buah kontaktor yang bekerja secara bergantian (Gambar 42). Setiap katup solenoida untuk mengairi tanaman di dalam *polybag* akan terbuka selama 43 menit 12 detik, sedangkan untuk tanaman di dalam drum selama 1 jam 30 menit. Lama waktu katup solenoida tertutup akan tergantung

dari evapotranspirasi tanaman itu sendiri yang dipengaruhi keadaan iklim di dalam *greenhouse* (Tribowo, 2003).

8. Otomatisasi Irigasi Sistem Tetes Lahan Terbuka

Perancangan otomatisasi irigasi sistem tetes lahan terbuka dilakukan pada lahan untuk budi daya tanaman hortikultura seluas 20 hektare (Gambar 43). Perancangan kalender tanam dan pola tanam untuk budi daya tanaman cabai, tomat, pisang, nanas, dan anggur dibuat dengan asumsi masa tanam atau panen adalah 15 hari dengan luasan lahan yang relatif sama untuk masing-masing tanaman, yaitu sekitar 4 hektare. Penetes yang digunakan memiliki debit tetesan 2 liter/jam pada tekanan 10 meter kolom air. Debit dan tekanan rata-rata irigasi untuk tanaman pada saat puncak kebutuhan air untuk cabai, tomat, dan nanas adalah 24 liter/detik dengan tekanan 11 meter kolom air, sedangkan pisang dan anggur adalah 8 liter/detik dengan



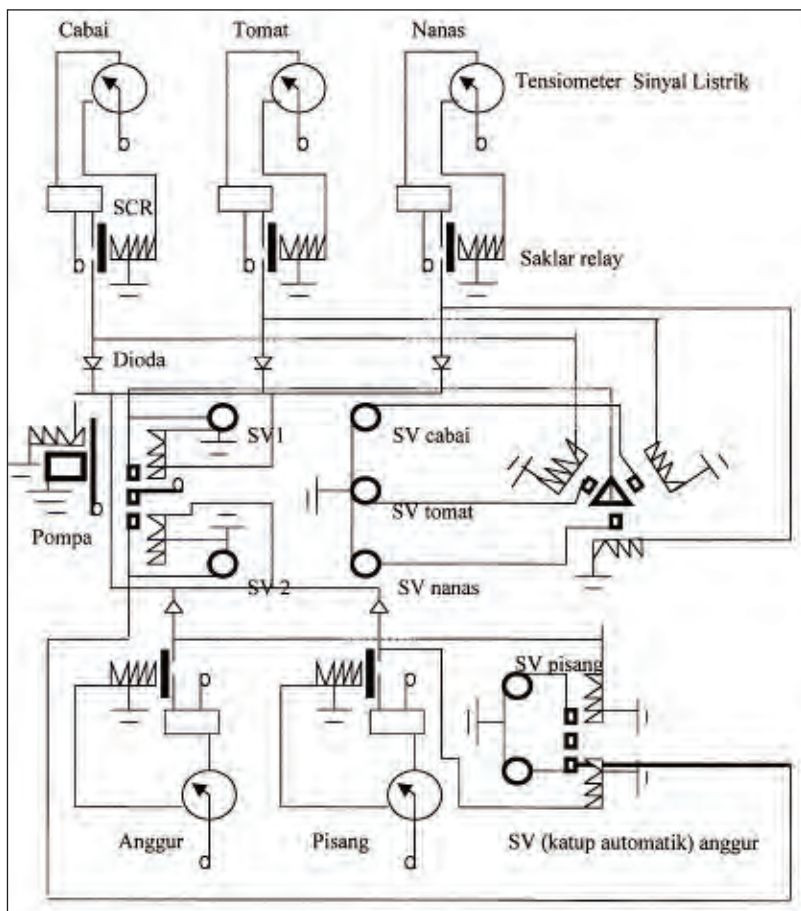
Sumber: Tribowo (2000). Perancangan dan Otomatisasi Irigasi Tetes Lahan *Multicrop* Hortikultura

Gambar 43. *Layout* Otomatisasi Irigasi Sistem Tetes di Lahan Terbuka Seluas 20 hektare

tekanan 10,5 meter kolom air. Dengan demikian, diperlukan pompa air dengan spesifikasi daya 10 Hp dan debit maksimum 35 liter/detik pada tekanan 15 meter kolom air.

Kelebihan debit dan tekanan diatur kemudian dengan menggunakan pengatur debit dan pengatur tekanan sehingga memenuhi kebutuhan air irigasi yang diperlukan. Maksimum lama waktu pemberian air irigasi dengan interval 1 hari untuk tanaman cabai terjadi pada bulan Agustus, yaitu selama 1,55 jam, pisang pada bulan Oktober selama 2,38 jam, tomat pada bulan Agustus selama 1,54 jam, nanas pada bulan Oktober selama 0,99 jam, dan anggur pada bulan September selama 1,39 jam. Pada bulan lain tentunya kebutuhan waktu pemberian air akan lebih rendah.

Alat sensor kelembapan tanah menggunakan tensiometer yang memiliki kemampuan untuk memberikan sinyal listrik pada keadaan kelembapan tanah yang diinginkan. Sensor ditanam sedalam 70 mm untuk tanaman/benih yang baru ditanam dan 1.000 mm untuk tanaman usia produktif. Sensor diatur agar pada angka 50 cbar akan menghidupkan irigasi sampai angka sensor mencapai 10 cbar yang akan mematikan irigasi secara otomatis. Rangkaian listrik otomatisasi irigasi sistem tetes di lahan terbuka dapat dilihat pada Gambar 44.



Sumber: Tribowo (2000). Perancangan dan Otomatisasi Irigasi Tetes Lahan Multicrop Hortikultura

Gambar 44. Rangkaian Listrik Otomatisasi Irigasi Sistem Tetes di Lahan Terbuka

BAB 3

Irigasi Hemat Air dengan Basis Perancangan Irigasi Sistem Tetes

Dalam perjalanan pengembangan irigasi sistem tetes, dikembangkan juga penetes berupa kendi atau lebih tepat sebagai perembes air irigasi (Gambar 45). Dalam perancangan jaringan irigasinya, digunakan prinsip kerja irigasi sistem tetes. Pada prinsip kerja tabung mariote untuk irigasi sistem kendi dikembangkan juga untuk keperluan pemberian air tanaman, namun tidak menggunakan kendi sebagai penetes.



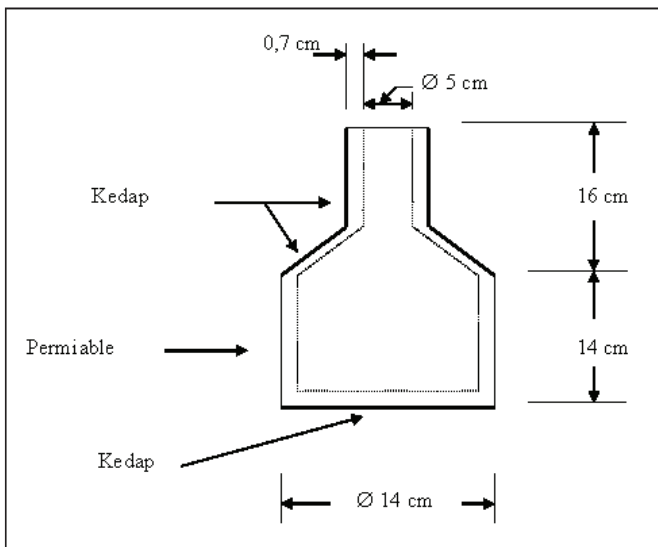
Sumber: Koleksi Pribadi

Gambar 45. Beberapa Jenis Kendi yang Digunakan untuk Tujuan Irigasi Tanaman (Gambar Kiri dan Tengah). Tampak di Sebelah Kanan Gambar, Kendi Digunakan untuk Irigasi Tanaman Mangga di Dalam Pot

A. IRIGASI SISTEM KENDI UNTUK TANAMAN LIDAH BUAYA

Kendi yang digunakan untuk tujuan irigasi bukanlah kendi yang biasa dijual di pasar karena model kendi tersebut tidak dapat atau sedikit sekali merembeskan air melalui pori-pori dindingnya. Oleh sebab itu, bahan pembuatan kendi dirancang khusus dengan campuran dari tanah liat, pasir dan serbuk gergaji. Campuran yang terbaik adalah yang menghasilkan permeabilitas kendi sama dengan permeabilitas tanah. Bentuk dan spesifikasi kendi irigasi dapat dilihat pada Gambar 46.

Hasil panen yang optimal didapat selain dari pemupukan dan perlindungan dari hama dan penyakit juga terutama ditentukan oleh kadar air tanah yang cukup. Kadar air tanah yang berlebihan ataupun yang kekurangan akan berdampak langsung pada kualitas daging daun lidah buaya (Gambar 47). Daging daun lidah buaya diproses untuk dijadikan nata atau gel untuk dikonsumsi sebagai makanan atau bagian



Sumber: Setiawan (1998) Laporan Riset Unggulan Terpadu IV. Sistem Irigasi Kendi untuk Tanaman Sayuran di Daerah Kering

Gambar 46. Bentuk dan Spesifikasi Kendi Irigasi

dari produk kosmetika. Perancangan irigasi kendi dilakukan pada lahan seluas 1.000 m² dengan memanfaatkan perpipaan irigasi sistem tetes.

Pada spesifikasi penetes berupa kendi, rembesan air dari dalam ke luar kendi hanya memerlukan tekanan sebatas leher kendi dengan tekanan yang relatif konstan sehingga penggunaan tabung vakum (mariote) memang diperlukan (Gambar 48). Selain itu, perancangan dipengaruhi pula oleh beberapa faktor antara lain klimatologi lokasi, topografi, spesifikasi unit kendi, jenis tanah, jenis tanaman yang dibudidayakan, kalender tanam, dan pola tanam.

Dalam perancangan digunakan kendi dengan rata-rata aliran kendi 0,6 liter/jam (hasil pengujian di Laboratorium Manajemen Air dan Tanah B2PTTG-LIPI Subang). Kendi diletakkan di dalam tanah sebatas leher kendi dan permukaan air di dalam kendi relatif tetap selama operasional irigasi, yaitu 1–2 cm di bawah permukaan leher kendi dengan menggunakan prinsip tabung mariote.



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 47. Budi Daya Tanaman Lidah Buaya dengan Irigasi Sistem Kendi



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 48. Tampak di Kejauhan adalah tabung Vakum Mariote Berupa Drum

Modulus irigasi terbesar terjadi pada bulan Agustus, yakni diperlukan air sebesar 0,16 liter/detik/hektare atau 1,4 mm/hari. Interval pemberian air irigasi dihitung berdasarkan perbandingan antara ketersediaan air di dalam tanah dan laju deplesi kandungan air tanah. Pada bulan Agustus terjadi interval yang paling pendek, yaitu 31 hari. Dengan demikian, perancangan irigasi sistem kendi berdasarkan interval 1 hari dapat dilakukan (Tribowo, 2000).

Jika menggunakan tabung mariote volume $0,5 \text{ m}^3$, paling cepat setiap 45 menit tabung mariote harus diisi kembali. Apabila pengisian menggunakan pompa air dengan debit 0,5 liter/detik maka waktu pengisian tabung adalah 17 menit. Jumlah frekuensi pengisian tabung pada puncak kebutuhan air (Agustus) adalah 4 kali pengisian. Dengan demikian, lama waktu operasional untuk satu hari irigasi pada saat puncak kebutuhan air adalah 3 jam 28 menit. Dengan menggunakan pengatur otomatis, dapat memudahkan pekerjaan pengisian dan pengeluaran air dari tabung mariote. Perancangan irigasi sistem kendi yang telah dibuat dapat pula diaplikasikan untuk tanaman palawija lainnya dan hortikultura.

B. IRIGASI SISTEM TABUNG MARIOTE UNTUK TANAMAN HIDROPONIK

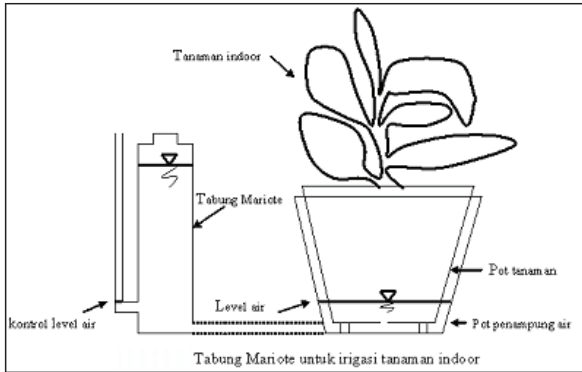
Tabung mariote selama ini digunakan pada irigasi sistem kendi. Prinsip kerja tabung mariote pada intinya mempertahankan tekanan di dalam tabung sama dengan tekanan udara di luar tabung walaupun permukaan air di dalam tabung menurun akibat keluarnya air ke luar tabung. Hal ini dimungkinkan dengan adanya lubang udara yang terletak sedikit di atas dasar tabung. Lubang udara ini pun sekaligus menjadi pengontrol level air di dalam kendi yang dipertahankan sebatas leher kendi.

Prinsip kerja tabung mariote ini dimanfaatkan untuk mengairi tanaman di dalam pot secara hidroponik. Lubang udara pengontrol level air pada tabung digunakan untuk mengontrol level air di dalam pot setinggi 1–3 cm di atas dasar pot. Larutan hidroponik yang digunakan merupakan bahan yang sudah jadi dengan konsentrasi anjuran 1,5 gram untuk setiap liter air dengan angka E.C. (*electric conductivity*) rata-rata 2 mmhos/cm. Bahan pupuk hidroponik berbentuk kristal yang mudah larut dalam air. Bila diperlukan, larutan hidroponik dapat ditambahkan dengan unsur hara suplemen yang disesuaikan dengan kebutuhan pertumbuhan tanaman.

Untuk setiap tanaman *indoor* digunakan satu set irigasi tabung mariote (Gambar 49). Tanaman *indoor* yang digunakan adalah dari jenis *aglaonema* berdaun lebar maupun berdaun meruncing, dan walisongo. Tanaman sayuran di dalam *greenhouse* menggunakan satu tabung untuk seluruh pot tanaman sayuran yang terdiri dari kangkung, tomat, caisim, pakcoy, cabai besar, dan cabai rawit (Gambar 50). Evapotranspirasi aktual tanaman sayuran hidroponik di dalam *greenhouse* yang merupakan gabungan dari beberapa tanaman yaitu cabai rawit, cabai besar, caisim, pakcoy, tomat, dan kangkung adalah 0,6 mm/hari pada bulan Juli dan 4,0 mm/hari pada bulan Agustus (Tribowo dkk., 2002).

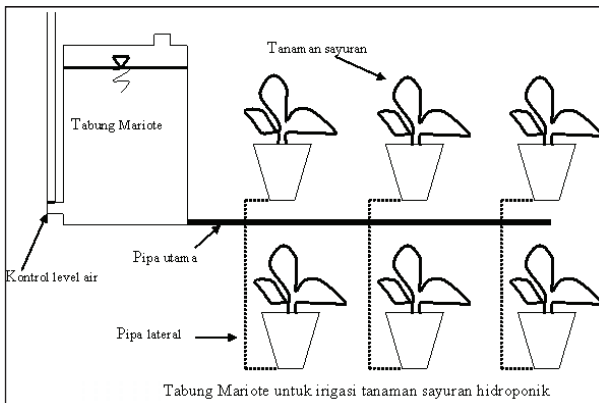
Perbedaan jumlah evapotranspirasi aktual yang cukup besar antara bulan Agustus dengan Juli disebabkan pertumbuhan vegetatif

yang pesat selama bulan Agustus. Volume air nutrisi selama bulan Agustus yang dikeluarkan untuk tanaman tersebut adalah 42.273 ml. Untuk tanaman *indoor* di dalam *greenhouse*, evapotranspirasi aktual untuk tanaman walisongo adalah terbesar pada bulan Agustus, yaitu 2,2 mm/hari, sedangkan untuk cabai rawit putih adalah 5,1 mm/hari.



Sumber: Tribowo,dkk.(2002). Pemanfaatan Prinsip Kerja Tabung Mariote untuk Irigasi Tanaman Hidroponik

Gambar 49. Sketsa Pemanfaatan Tabung Mariote untuk Irigasi Tanaman *Indoor*



Sumber: Tribowo dkk. (2002) Pemanfaatan Prinsip Kerja Tabung Mariote untuk Irigasi Tanaman Hidroponik

Gambar 50. Sketsa Pemanfaatan Tabung Mariote untuk Irigasi Tanaman Sayuran Hidroponik

Hal ini dikarenakan perbedaan yang cukup besar pada besaran fisik tanaman itu sendiri, yakni tinggi dan lebar tanaman cabai rawit putih lebih besar hampir 4 kali lipat daripada walisongo.

Perlu dilakukan pengamatan lebih lanjut untuk mengetahui tinggi air optimal di dalam pot, dan juga tinggi serta diameter efektif media di dalam pot. Berapa jumlah unsur hara tambahan yang perlu diberikan, baik pada saat vegetatif maupun generatif, perlu pula diamati untuk mendapatkan produksi yang optimal serta berapa angka *electric conductivity* yang diperoleh. Pengamatan perlu dilakukan pada waktu selanjutnya, terutama pada tanaman *indoor* yang berumur lebih lama daripada tanaman sayuran.

C. IRIGASI OTOMATIS ALAMI TABUNG MARIOTE UNTUK TANAMAN HIAS

Prinsip kerja irigasi otomatis alami tabung mariote pada intinya mempertahankan tekanan di dalam tabung sama dengan tekanan udara di luar tabung walaupun permukaan air di dalam tabung menurun akibat mengalirnya air keluar tabung. Hal ini dimungkinkan dengan adanya lubang udara yang terletak sedikit di atas dasar tabung. Lubang udara ini pun sekaligus menjadi pengontrol level air di dalam pot penggenang air irigasi.

Tabung mariote dapat menggunakan botol plastik air mineral, jerigen bekas (Gambar 51 dan 52), atau barang lainnya. Estetika dari penggunaan tabung untuk tanaman tersebut perlu diperhatikan untuk tidak mengurangi keindahan tanaman hias. Tanaman ditempatkan di dalam pot terpisah dari irigasi sistem tabung mariote, dan setiap tanaman memiliki satu tabung. Hal ini untuk memudahkan perawatan tanaman dan operasional irigasinya.



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 51. Tampak Depan Unit Irigasi Otomatis Alami beserta Tanamannya. Jerigen Berfungsi sebagai Tabung Mariote; Dengan Ukuran ini Dapat Mengairi Tanaman Sampai 1½ Bulan secara Otomatis (Tergantung pada Besarnya Evapotranspirasi)



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 52. Botol Air Mineral 600 ml Berfungsi sebagai Tabung Mariote; dengan Ukuran Ini Dapat Mengairi Tanaman Sampai 1 minggu secara Otomatis (Tergantung pada Besarnya Evapotranspirasi)

BAB 4

Pengembangan Lainnya yang Terkait dengan Teknologi dan Manajemen Air

Untuk menaikkan sejumlah air dari sumber air yang berada di bawah lahan yang dibudidayakan, misalnya untuk pertanian, umumnya petani menggunakan pompa-pompa air berbahan bakar fosil, seperti bensin atau solar. Bahan bakar fosil merupakan sumber energi yang tak dapat dibarukan sehingga sumber energi lain yang dapat dibarukan perlu untuk dimanfaatkan seoptimal mungkin. Penelitian dan pengembangan serta implementasi pompa-pompa air bersumber energi alami, seperti matahari, angin, dan air, telah banyak dilakukan.

A. KINCIR AIR

Kincir air yang lebih efisien dan memiliki umur operasional lebih lama daripada kincir air tradisional yang terbuat dari bambu telah dikembangkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air (Puslitbang SDA) Kementerian Pekerjaan Umum, dan diberi kode Kincir Air Tipe Pusair dengan bahan besi.

Kincir air adalah sebuah alat berbentuk lingkaran yang dibangun di sungai. Alat ini berputar pada sumbunya karena adanya dorongan aliran air sungai yang cukup deras. Sejalan dengan berputarnya kincir, alat ini sekaligus mengambil air dari sungai dan menumpahkannya ke talang atau penampung air. Selanjutnya air dari talang didistribusikan secara gravitasi ke daerah yang membutuhkan. Puslitbang SDA Kementerian Pekerjaan Umum telah meneliti kincir air untuk mengambil air dari sumbernya bagi keperluan, seperti irigasi, air kolam ikan, dan

sebagainya (Gambar 53). Hasil penelitian tersebut diberi kode Kincir Air Tipe Pusair dengan bahan besi (Anonim, 2011, *Kincir Air Tipe Pusair*). Kapasitas debit Kincir Air Tipe Pusair dibandingkan dengan kincir air tradisional dapat dilihat pada Tabel 5.

Menurut Kadir dan Bambang (2010), kincir air memanfaatkan selisih ketinggian alamiah dari permukaan air yang mengalir. Air yang masuk ke dalam dan keluar kincir tidak mempunyai tekanan lebih, hanya tekanan atmosfer saja. Energi air yang tersedia pada kincir air yang hanya memanfaatkan aliran air datar atau kecepatan arus sungai merupakan energi kinetik. Adapun persamaan/rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:



Sumber: Puslitbang SDA Kementerian PU (2010)

Gambar 53. Kincir Air Tipe PUSAIR

Tabel 5. Perbandingan Kincir Air Tipe Pusair dengan Kincir Air Tradisional pada Kecepatan Aliran Sungai 0,9–1,2 meter/detik

No.	Kincir Air Tipe Pusair	Kincir Air Tradisional
1	Bahan utama: besi PVC	Bahan utama: kayu, bambu
2	Debit timbaan: 4,9–91/detik	Debit timbaan: 1,0–1,51/detik
3	Diameter kincir: 5–6 meter	Diameter kincir: 5–6 meter
4	Kecepatan aliran sungai: 0,9–1,2 m/dt	Kecepatan aliran sungai: 0,9–1,2 m/dt

Sumber: Puslitbang SDA Kementerian PU.

$$E = \frac{1}{2} m V_s^2$$

Debit aliran air melalui kincir: $Q = V_s A$ (m^3/s)

Daya air yang tersedia: $P = \frac{1}{2} \rho Q V_s^2$ atau $P = \frac{1}{2} \rho A V_s^3$

Daya yang dihasilkan kincir air: $P_{ka} = T \omega$ (watt)

Torsi yang dihasilkan kincir: $T = F \times R$ (Nm)

Kecepatan sudut kincir: $\omega = 2\pi n/60$ (rad/s)

Ratio kecepatan tangensial sudu dan aliran arus sungai:

$$U/V_s = \omega R/V_s$$

di mana: V_s : kecepatan aliran arus sungai (m/s)

A : luas penampang sudu (m^2)

F : Gaya tangensial (N)

R : Radius kincir (m)

n = putaran poros atau roda kincir (rpm)

B. POMPA HIDRAM

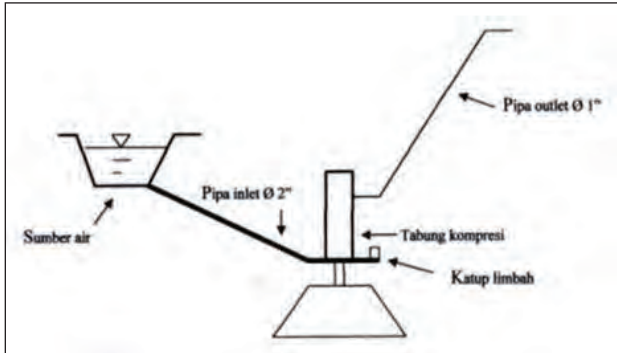
Pompa hidram (Gambar 54–56) bekerja berdasarkan proses perubahan mome Eks-impor ntum (impuls) dan air yang tak dapat dimampatkan. Apabila air terjun dilewatkan melalui saluran pipa dan ujung pengeluaran ditutup secara mendadak maka akan mengubah kecepatan alir air (Agusto, 1984 dan Tribowo, 2011). Besarnya kecepatan alir air (v) dapat ditunjukkan dari hukum kekekalan energi, yaitu

Energi Potensial = Energi Kinetik

$$mgh = \frac{1}{2} mv^2$$

$$v = \sqrt{2gh}$$

Secara fisika terlihat bahwa besarnya kecepatan tergantung pada besarnya beda tinggi air jatuh (h). Hasil kali kecepatan dengan massa (air) merupakan momentum. Jika kecepatan pada saat $t + t1$ adalah



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 54. Sketsa Pompa Hidram



Sumber: B2PTTG-LIPI (2011)

Gambar 55. Unit Pompa Hidram



Sumber: B2PTTG-LIPI (2010).

Gambar 56. Pompa Hidram Di-
instalasi secara Paralel

v_1 dan saat $t = t_2$ adalah v_2 maka perubahan momentum dapat dituliskan sebagai

$$F (t_2 - t_1) = mv_2 - mv_1$$

Perubahan momentum lazim disebut sebagai impuls. Dengan demikian, pompa hidram bekerja menurut azas perubahan mo-

mentum (impuls). Perubahan kecepatan alir air ditunjukkan pada saat terbuka dan tertutupnya katup limbah. Katup ini merupakan pengatur terjadinya perubahan kecepatan alir air sehingga timbul impuls. Pada posisi terbuka, air mengalir keluar dari kecepatan nol hingga kecepatan maksimum yang bisa ditimbulkan oleh sumber air. Pada posisi tertutup air tidak dapat mengalir, ini sama artinya dengan kecepatan alir air sama dengan nol.

Dengan menempatkan sebuah karet katup dapat diperoleh posisi terbuka dan tertutupnya katup limbah, sedangkan dengan menempatkan sebuah bandul (pemberat) dapat diatur selang waktu terbuka dan tertutupnya katup. Pengaturan impuls yang ditimbulkan terbuka dan tertutupnya katup ditentukan oleh besarnya gaya berat bandul pemberat dan jarak/langkah katup.

Besarnya berat beban pemberat dapat diatur dengan memperhatikan:

1. Besarnya gaya dorong dinamik, yaitu gaya yang ditimbulkan oleh adanya aliran air di dalam pipa.
2. Gaya dorong statik, yaitu gaya yang ditimbulkan oleh berat air pada saat air tidak mengalir di dalam pipa.

Dengan demikian, beban pemberat harus dapat memenuhi persamaan

$$F_s < F_b < F_d$$

dimana: F_s = gaya dorong statik

F_b = berat beban pemberat

F_d = gaya dorong dinamik

Dengan perkataan lain, besarnya berat beban pemberat adalah lebih kecil dari gaya dorong dinamik dan lebih besar dari gaya dorong statik (Agusto, 1984 dan Tribowo, 2011).

C. FOTOVOLTAIK UNTUK IRIGASI

Dari tulisan sebelumnya, rancangan irigasi sistem tetes digunakan untuk tanaman hortikultura, seperti cabai, melon, semangka, tomat, kacang panjang, dan jagung manis. Namun, untuk tulisan berikut ini, pengadaan air irigasinya diasumsikan menggunakan air tanah dangkal yang dihisap dengan menggunakan pompa listrik dengan sumber listrik dari pembangkit energi listrik fotovoltaik (Gambar 57).

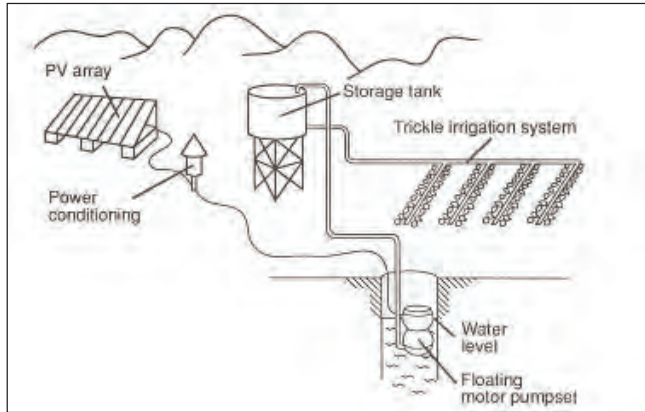
Dari pengamatan di lapangan, budi daya tanaman hortikultura (sayuran) yang diusahakan umumnya dilakukan dengan menggunakan sumber air hujan yang tentunya hanya tersedia pada musim hujan. Pada saat musim kemarau, tanah dibiarkan tidak ditanami atau diberakan. Dengan adanya sumber energi listrik dari fotovoltaik, sumber air dari air tanah dangkal dapat dimanfaatkan untuk pengairan tanaman dengan cara menghisapnya dengan pompa air listrik arus DC (Gambar 58).

Irigasi yang digunakan adalah irigasi sistem tetes tipe ulir plastik rancangan Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna-LIPI yang diimplementasikan di Indramayu, Provinsi Jawa Barat (Gambar 59) dan



Sumber: *climatetechwiki.org* (27 Oktober 2014).

Gambar 57. Energi Sinar Matahari Digunakan untuk Memompa Air dari Sumber Air ke Dalam Kontainer Dengan Fotovoltaik



Sumber: http://practicalaction.org/practicalanswers/product_info.php?products_id=196%3B (3 Oktober 2014)

Gambar 58. Sketsa Pemanfaatan Fotovoltaik untuk Memompa Air dari Dalam Sumur ke Dalam Tangki Penampung yang kemudian Mengairi Tanaman dengan Irigasi Sistem Tetes

di Dompu, Provinsi Nusa Tenggara Barat (Gambar 60). Pengadaan bahan baku jaringan irigasi seluruhnya berasal dari daerah tersebut. Bagian yang perlu penanganan khusus dalam pembuatannya adalah bagian penetes yang menggunakan slang plastik waterpas sedemikian rupa sehingga debit tetesan air yang keluar dari penetes diatur sesuai dengan yang dibutuhkan. Irigasi sistem tetes dapat mendistribusikan air ke setiap tanaman dengan efisiensi mencapai 95%.



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 59. Irigasi Sistem Tetes di Indramayu, Jawa Barat



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 60. Irigasi Sistem Tetes di Dompu, NTB

Perangkat pembangkit listrik fotovoltaik yang digunakan mempunyai spesifikasi kemampuan 50 watt 3 ampere per panel (<http://www.panasia.org.sg/nepalnet/crt/photovoltaic.htm>, 2004) yang akan disimpan di dalam aki/baterai 12 volt 50 Ah. Untuk mengetahui berapa jumlah panel dan aki/baterai yang diperlukan sebagai sumber energi listrik untuk menghidupkan pompa air, diperlukan data-data kebutuhan waktu operasional pompa air tersebut yang berkaitan dengan jumlah air irigasi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman dari pembibitan sampai pemanenan.

Sumber air berasal dari sumur bor pantek yang dihisap dengan pompa listrik arus DC berkekuatan 125 watt. Lahan yang digunakan untuk kegiatan ini dibatasi sampai dengan 1.000 m². Dari lahan seluas 1.000 m², dibuat 36 guludan dengan tinggi 40 cm, lebar 100 cm, dan panjang 2.000 cm. Untuk pengendalian gulma dan pengurangan evaporasi dari permukaan tanah, setiap guludan diberi penutup mulsa plastik perak hitam.

Setiap guludan dipasang satu pipa lateral. Setiap 25 cm sepanjang pipa lateral terdapat slang distribusi beserta penetes tipe ulir plastik. Penetes tipe ulir plastik memiliki pengatur debit tetesan, di mana ulir plastik yang dipasang beserta kawat lapis seng berdiameter 3 mm berfungsi sebagai *drip* regulator. Penetes ulir plastik dibuat dari bahan slang level/waterpas berdiameter 3/18 inci dengan dinding slang “tebal” yang digulung dan dimasukkan ke dalam slang distribusi.

Setiap 6 pipa lateral diberi satu buah katup pengatur debit air. Bila topografi guludan pertama dan keenam menyebabkan perbedaan debit tetesan lebih dari 20% maka setiap 3 buah pipa lateral diberi satu buah katup pengatur debit air. Bak penampung air terbuat dari fiberglas berkapasitas 1.000 liter yang diletakkan minimal satu meter di atas permukaan lahan yang dibudidayakan.

1. Sistem Irigasi

Perancangan jaringan irigasi (tetes tipe ulir plastik) didahului dengan perancangan kalender dan pola tanam yang dilanjutkan dengan

perhitungan modulus irigasi. Tahap berikutnya adalah perhitungan atau perancangan interval irigasi yang dilanjutkan dengan perhitungan lama pemberian air irigasi. Tahap akhir adalah perhitungan debit air irigasi yang diperlukan tanaman yang akan berkaitan langsung dengan kebutuhan energi yang perlu diberikan oleh perangkat fotovoltaik untuk menghidupkan pompa air listrik arus DC berkekuatan 125 watt.

a) Kalender dan Pola Tanam

Kalender tanam dan pola tanam perlu dibuat dan dirancang untuk mendapatkan modulus irigasi yang optimum sehingga akan menentukan optimasi jumlah panel fotovoltaik yang diperlukan. Perancangan kalender tanam dan pola tanam untuk tanaman cabai keriting, cabai rawit, cabai paprika, tomat, melon, semangka, kacang panjang, jagung, dan jahe dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perancangan Kalender dan Pola Tanam

a. Cabai keriting dan Paprika

	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
<i>Growing stage</i>	Tanam benih	Tanam bibit			Panen awal	Panen akhir	
<i>Kc period</i>	0,3	0,4	0,8	1,1	0,9	0,7	

b. Cabai rawit

	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
<i>Growing stage</i>	Tanam benih	Tanam bibit				Panen	
<i>Kc period</i>	0,3	0,4	0,8	1,1	1,0	0,9	0,8

c. Melon dan Semangka

	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
<i>Growing stage</i>	Tanam benih	Tanam bibit		Panen awal	Panen akhir		
<i>Kc period</i>	0,3	0,5	1,1	0,8	0,6		

d. Tomat

	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
<i>Growing stage</i>	Tanam benih	Tanam bibit		Panen awal	Panen akhir		
<i>Kc period</i>	0,3	0,4	1,0	0,8	0,6		

e. Kacang panjang

	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
<i>Growing stage</i>	Tanam benih				Panen		
<i>Kc period</i>	0,3	0,5	0,8	1,0	1,0	0,6	

f. Jagung manis

	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
<i>Growing stage</i>	Tanam benih			Panen			
<i>Kc period</i>	0,3	0,5	1,1	0,8			

g. Jahe

	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov
<i>Growing stage</i>	Persiapan bibit	Tanam bibit										Pa-nen
<i>Kc period</i>	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8	0,6	0,4

Keterangan:

*) Benih dapat langsung ditanam dengan penugalan, yaitu tetap menyiapkan bibit di dalam *polybag* untuk penyulaman.

**) Bibit di dalam *polybag* dipindahkan pada lahan penanaman.

Kc: faktor tanaman (Doorenbos, 1984)

Sumber: Tribowo (2004) dan Tribowo & Sukirno (2006) yang dikembangkan untuk daerah Indramayu, Jawa Barat dan Dompu, Nusa Tenggara Barat.

b) Modulus dan Interval Irigasi

Mengingat keterbatasan data di lapangan maka perhitungan kebutuhan air (modulus irigasi) dan interval irigasi untuk tanaman yang dibudidayakan berdasarkan pengembangan data dari daerah Indramayu. Hal ini dilakukan dengan melihat bahwa secara umum kondisi topografi dan iklim di lokasi kegiatan relatif sama, kecuali pada musim hujan atau musim kemarau yang relatif lebih lambat satu bulan daripada sumber data (Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Tenggara, Bidang IPDS, 2004). Modulus irigasi atau kebutuhan air maksimum terbesar terjadi pada tanaman cabai keriting dan cabai rawit pada bulan September, yaitu sebesar 1,25 liter/detik/hektare atau 10,8 mm/hari (Tabel 7).

Tanah/lahan uji coba aplikasi irigasi hemat air sampai kedalaman 120 cm memiliki tekstur liat sampai lempung liat (Balai Penelitian Tanah, Agustus 2003). Dengan asumsi untuk lapisan atas yang sudah bercampur dengan pupuk kandang (0–15 cm) mempunyai kadar air titik layu 18% dan kadar air kapasitas lapang 34%, pada kedalaman 15–75 cm di mana akar tanaman masih dapat dijumpai dan angka kadar air titik layu 16%, dan kadar air kapasitas lapang 30%. Dengan

Tabel 7. Kebutuhan Air Tanaman (Qo)

Bulan	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov
Qo Melon 1/det/ha	0,34	0,56	1,23	0,90	0,61	–
Qo Semangka 1/det/ha	0,34	0,56	1,23	0,90	0,61	–
Qo Tomat 1/det/ha	0,34	0,44	1,11	0,90	0,61	–
Qo Cabai rawit 1/det/ha	0,34	0,44	0,89	1,25	1,02	0,92
Qo Cabai keriting 1/det/ha	0,34	0,44	0,89	1,25	0,92	0,72
Qo Kacang panjang 1/det/ha	0,34	0,56	0,89	1,14	1,02	0,61
Qo Jagung 1/det/ha	0,34	0,56	1,23	0,90	–	–
Qo Jahe 1/det/ha	0,80	0,83	0,89	0,91	0,61	0,41

Catatan : Berdasarkan pengamatan di lapangan, selama kalender tanam (Juni–Oktober 2003) curah hujan yang turun dapat dikatakan tidak efektif terserap tanah sehingga faktor curah hujan tidak dimasukkan dalam perhitungan kebutuhan air untuk tanaman (Qo).

Sumber: Tribowo (2004) dan Tribowo & Sukirno (2006) yang dikembangkan untuk daerah Indramayu, Jawa Barat dan Dompu, Nusa Tenggara Barat.

demikian, besarnya kadar air tanah setiap kedalaman selang 15–25–35 cm diasumsikan seperti terlihat pada Tabel 8.

Penentuan interval irigasi yang optimal sangat diperlukan terutama pada saat debit air irigasi yang diberikan mencapai puncaknya. Rata-rata laju deplesi (Q_d) kandungan air tanah sama dengan maksimum evapotranspirasi (ET_m). Hal ini disebabkan tidak adanya suplai air, baik dari curah hujan maupun dari kapi-lari tanah. Perkolasi juga tidak ada dikarenakan irigasi sistem tetes dioperasikan sampai kadar air tanah mencapai kapasitas lapang. Perhitungan total ketersediaan kandungan air tanah yang siap digunakan, diperoleh dengan rumus (Roscher, 1988):

$$TRAM = AM \times P \times \% \text{Kebasahan Tanah}$$

dimana : TRAM : total ketersediaan kandungan air tanah

AM : kandungan air tanah yang dapat digunakan

P : fraksi deplesi kandungan air tanah

Total ketersediaan kandungan air dalam tanah dapat dilihat pada Tabel 9.

Maksimum interval irigasi ($n_i \text{ max.}$):

$$n_i \text{ max.} = TRAM : Q_d$$

Tabel 8. Keadaan Jumlah Kadar Air Tanah sesuai dengan Kedalamannya

Profil tanah	OWP	OFC	AM	AM	O_1	S_1
cm	V%	V%	V%	mm	V%	mm
0–15	18	34	16	24	18	24
15–40	16	30	14	35	24	15
40–75	16	30	14	49	30	–
				108		39

Keterangan: OWP : kadar air titik layu

OFC : kadar air kapasitas lapang

AM : available moisture

O_1 : kadar air awal

S_1 : awal pemberian air

Sumber: Pengembangan dari hasil pengujian di lapangan

Tabel 9. Total ketersediaan Kandungan Air Dalam Tanah yang Siap Digunakan (TRAM) untuk tanaman Melon, Semangka, Tomat, Cabai Rawit, Cabai Keriting, Paprika, Kacang Panjang, Jagung Manis, dan Jahe

Bulan	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov
D eff. (mm)	50	200	400	500	500	500
AM (mm)	8	31	59	73	73	73
ETm Paprika (mm/h)	2,5	3,4	6,7	9,5	6,8	5,3
ETm Melon (mm/h)	2,9	4,8	10,6	7,8	5,3	–
ETm Semangka (mm/h)	2,9	4,8	10,6	7,8	5,3	–
ETm Tomat (mm/h)	2,9	3,8	9,6	7,8	5,3	–
ETm Cabai rawit (mm/h)	2,9	3,8	7,7	10,8	8,8	7,9
ETm Cabai keriting (mm/h)	2,9	3,8	7,7	10,8	7,9	6,2
ETm Kacang panjang (mm/h)	2,9	4,8	7,7	9,8	8,8	5,3
ETm Jagung (mm/h)	2,9	4,8	10,6	7,8	–	–
ETm Jahe (mm/h)	8,6	8,6	6,9	7,8	5,3	3,5
P Paprika (mm/h)	0,46	0,40	0,23	0,79	0,23	0,29
P Melon (mm/h)	0,71	0,52	0,27	0,39	0,49	–
P Semangka (mm/h)	0,71	0,52	0,27	0,39	0,49	–
P Tomat (mm/h)	0,59	0,49	0,24	0,29	0,39	–
P Cabai rawit (mm/h)	0,43	0,37	0,21	0,13	0,18	0,20
P Cabai keriting (mm/h)	0,43	0,37	0,21	0,13	0,20	0,25
P Kacang panjang (mm/h)	0,71	0,52	0,39	0,31	0,36	0,49
P Jagung (mm/h)	0,81	0,62	0,39	0,46	–	–
P Jahe (mm/h)	0,43	0,43	0,51	0,46	0,58	0,75
% Tanah basah	100	100	100	100	100	100
TRAM Paprika (mm/h)	3,7	12,4	13,6	13,9	16,8	21,2
TRAM Melon (mm/h)	5,7	16,1	15,9	28,5	35,8	–
TRAM Semangka (mm/h)	5,7	16,1	15,9	28,5	35,8	–
TRAM Tomat (mm/h)	4,7	15,2	14,2	21,2	28,5	–
TRAM Cabai rawit (mm/h)	3,4	11,5	12,4	9,5	13,1	14,6
TRAM Cabai keriting (mm/h)	3,4	11,5	12,4	9,5	14,6	18,3
TRAM Kacang panjang (mm/h)	5,7	16,1	23,0	22,6	26,3	35,8
TRAM Jagung (mm/h)	6,5	19,2	23,0	33,6	–	–
TRAM Jahe (mm/h)	25,4	28,4	33,7	33,6	42,3	54,8

Keterangan: D eff.: kedalaman efektif akar tanaman diasumsikan sama.

Sumber: Tribowo (2004) dan Tribowo & Sukirno (2006) yang dikembangkan untuk daerah Indramayu, Jawa Barat dan Dompnu, Nusa Tenggara Barat

Hasil perhitungan interval irigasi setiap periode disajikan pada Tabel 10. Dari hasil perhitungan maksimum interval irigasi (Tabel 10) dapat dilihat bahwa maksimum interval untuk cabai rawit dan cabai keriting pada bulan September adalah kurang dari satu hari. Dengan demikian, operasional jaringan irigasi sistem tetes akan berdasarkan interval dua kali sehari diberi air irigasi, yaitu pada pagi dan sore hari.

c) Volume dan Lama Waktu Pemberian Air Irigasi

Kebutuhan air maksimum terbesar terjadi pada tanaman cabai keriting dan cabai rawit (Tabel 7) pada bulan September, yaitu sebesar

Tabel 10. Interval Irigasi

Bulan	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov
Ni max Paprika (hari)	1,5	3,6	2,0	1,5	2,5	4,0
Ni max Melon (hari)	2,0	3,4	1,5	3,7	6,8	–
Ni max Semangka (hari)	2,0	3,4	1,5	3,7	6,8	–
Ni max Tomat (hari)	1,6	4,0	1,5	2,7	5,4	–
Ni max Cabai rawit (hari)	1,2	3,0	1,6	0,9	1,5	1,8
Ni max Cabai keriting (hari)	1,2	3,0	1,6	0,9	1,8	3,0
Ni max Kacang panjang (hari)	2,0	3,4	3,0	2,3	3,0	6,8
Ni max Jagung (hari)	2,2	4,0	2,2	4,3	–	–
Ni max Jahe (hari)	3,0	3,3	4,9	4,3	8,0	15,7

Sumber: Tribowo (2004) dan Tribowo & Sukirno (2006) yang dikembangkan untuk daerah Indramayu, Jawa Barat dan Dompus, Nusa Tenggara Barat

1,25 liter/detik/hektare atau 10,8 mm/hari. Dengan asumsi efisiensi pemanfaatan air sebesar 90%, kebutuhan air irigasi yang dikeluarkan penetes adalah 12 mm/hari. Dari Tabel 10 (interval irigasi) dirancang bahwa interval irigasi sistem tetes adalah dua kali sehari diberi air irigasi, yaitu pada pagi dan sore hari. Dengan demikian, tinggi air irigasi yang diberikan setiap operasional pada keadaan tersebut adalah $12 \text{ mm} \times \frac{1}{2} \text{ hari} = 6 \text{ mm}$.

Dengan asumsi persentase kebasahan tanah akibat penetes air oleh penetes adalah 100% dan luas tanah basah adalah $0,25 \text{ m}^2$ /penetes maka volume air pada tanah basah karena penetes setiap penetes adalah $0,25 \text{ m}^2 \times 6 \text{ mm} = 1,5 \text{ liter}$.

Maksimum lama waktu pemberian air irigasi (bila rata-rata tetesan setiap penetes adalah 8 liter/jam) untuk tanaman cabai rawit dan cabai keriting adalah 1,5 liter : 8 liter/jam = 11 menit 15 detik. Lama waktu pemberian air irigasi untuk waktu dan tanaman yang lain dapat dilihat pada Tabel 11.

2. Pembangkit Listrik DC Fotovoltaik

Unit fotovoltaik yang digunakan mempunyai spesifikasi 50 watt 3 ampere per panel (Panasia, 2004) yang akan men-*charger* 2 buah aki/baterai 12 volt 50 Ah. Aki akan mengoperasikan pompa air berkekuatan 125 watt. Untuk mengetahui berapa banyak panel fotovoltaik beserta aki yang dibutuhkan untuk operasional irigasi sistem tetes diperlukan data kebutuhan volume air irigasi yang secara tidak langsung akan menentukan besarnya energi yang dibutuhkan untuk operasional irigasi tersebut.

Data pada Tabel 11 menunjukkan perhitungan waktu pengisian air oleh pompa listrik (kapasitas 25 liter/menit) dari sumber air ke bak *tower* atau dengan perkataan lain adalah waktu operasional pompa air untuk setiap bulan operasional. Contohnya cabai keriting sejumlah 240 tanaman akan membutuhkan air setiap hari sebanyak 480 x (8

Tabel 11. Lama Waktu Pemberian Air Irigasi

Bulan	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov
Melon (menit)	3.06	5.04	11.07	8.10	5.49	
Semangka (menit)	3.06	5.04	11.07	8.10	5.49	
Tomat (menit)	3.06	3.96	9.99	8.10	5.49	
Cabai rawit (menit)	3.06	3.96	8.01	11.25	9.18	8.28
Cabai keriting (menit)	3.06	3.96	8.01	11.25	8.28	6.48
Kacang panjang (menit)	3.06	3.96	8.01	1.14	9.18	5.49
Jagung (menit)	3.06	5.04	11.07	8.10		
Jahe (menit)	7.20	7.47	8.01	8.19	5.49	3.69

Catatan : Perlu diperhitungkan pula waktu pengisian bak penampung air

Sumber: Tribowo (2004) dan Tribowo & Sukirno (2006) yang dikembangkan untuk daerah Indramayu, Jawa Barat dan Dompu, Nusa Tenggara Barat

liter tetesan/60 menit x 11,25 menit/operasional) x 2 operasional/hari x 1 menit/25 liter x 30 hari (September) = 1.728 menit atau 28,8 jam. Hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 12.

Kebutuhan volume dan waktu pemberian air irigasi juga menentukan waktu pengisian air ke bak *tower*. Dari data klimatologi, terutama lama pemancaran sinar matahari aktual dapat dibuat perhitungan kesetimbangan fotovoltaiik sebagai *pen-charger* aki dengan kebutuhan energi listrik yang tersedia untuk mengoperasikan pompa air. Data pada Tabel 13 menunjukkan bahwa kebutuhan panel fotovoltaiik dengan spesifikasi 50 watt 3 ampere per panel adalah 2 buah dengan aki/baterai 12 volt 50 Ah sebanyak 2 buah.

3. Analisis Tekno Ekonomi

Kondisi iklim, harga barang, dan produk pertanian di Dompu, Nusa Tenggara Barat relatif sama dengan di Indramayu. Oleh karena itu, jika harga produk pertanian yang dibudidayakan dengan teknik irigasi sistem tetes tersebut dapat dijual dengan harga di atas nilai titik impas maka pemanfaatan fotovoltaiik untuk operasional irigasi sistem

Tabel 12. Waktu Pengisian Air ke Bak *Tower*/Operasional Pompa Air

Tanaman	Jun (30) jam	Jul (31) jam	Agt (31) jam	Sep (30) jam	Okt (31) jam	Nov (30) jam	Jumlah (183 hari) jam
Melon 240 tnm	3,06	5,04	11,07	8,10	5,49	–	42,81
Semangka 480 tnm	3,06	5,04	11,07	8,10	5,49	–	85,19
Tomat 240 tnm	3,06	3,96	9,99	8,10	5,49	–	39,97
Cabai rawit 240 tnm	3,06	3,96	8,01	11,25	9,18	8,28	56,92
Cabai keriting 480 tnm	3,06	3,96	8,01	11,25	8,28	6,48	106,78
Kacang panjang 480 tnm	3,06	3,96	8,01	1,14	9,18	5,49	106,95
Jagung 480 tnm	3,06	5,04	11,07	8,10	–	–	71,13
Jahe 480 tnm	7,20	7,47	8,01	8,19	5,49	3,69	105,32
Jumlah Jam/hari	2,05	2,82	5,18	5,10	3,29	1,69	

Sumber: Tribowo (2004) dan Tribowo & Sukirno (2006) yang dikembangkan untuk daerah Indramayu, Jawa Barat dan Dompu, Nusa Tenggara Barat

Tabel 13. Keseimbangan Fotovoltaik sebagai *Charger* Aki dengan Kebutuhan Energi Listrik untuk Pompa Air

Bulan	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov
n/N	<i>high</i>	<i>high</i>	<i>high</i>	<i>high</i>	<i>med</i>	<i>med</i>
Sinar matahari aktual (jam/hari)	11	12	12	12	10	8
Aktivasi fotovoltaik maks. 8 jam/hari	7,3	8	8	8	6,7	5,3
Pukul 08.00–16.00 jam/hari						
Kapasitas <i>charger</i> 1 fotovoltaik (spek 50 watt/panel PV) (watt-jam/hari)	365	400	400	400	335	265
Kapasitas <i>charger</i> 2 fotovoltaik (spek 50 watt/panel PV) (watt-jam/hari)	730	800	800	800	670	530
Kapasitas aki/baterai @ 12 volt 50 Ah (efisiensi 60%) (watt-jam)	720	720	720	720	720	720
Waktu operasional pompa air 125 watt DC (jam)	2,05	2,82	5,18	5,10	3,29	1,69
Kebutuhan energi listrik pompa air (watt-jam/hari)	256	352	648	638	411	211
Kapasitas 2 aki/baterai @ 12 volt 50 Ah (efisiensi 60%) (malam hari) (watt-jam)	720*	720*	720*	720*	720*	720*

Keterangan: 720*: angka ini diasumsikan bahwa seluruh kebutuhan energi listrik untuk menggerakkan pompa air terpenuhi oleh energi listrik yang tersimpan di dalam aki, di mana menurunnya energi listrik di dalam aki (pada saat yang bersamaan) akan diisi kembali oleh suplai listrik dari perangkat fotovoltaik.

Sumber: Tribowo (2004) dan Tribowo & Sukirno (2006) yang dikembangkan untuk daerah Indramayu, Jawa Barat dan Dompu, Nusa Tenggara Barat.

tetes bagi usaha tani tanaman hortikultura merupakan suatu peluang agrobisnis yang dapat dilakukan.

Modal kerja usaha tani intensif skala kecil beririgasi sistem tetes adalah Rp15.078.850,-/tahun (Tribowo dan Sukirno, 2004). Bila diasumsikan penambahan modal kerja karena penggunaan pembangkit listrik fotovoltaik dengan umur ekonomis 5 tahun dan sistem irigasi otomatis dengan umur ekonomis 3 tahun adalah Rp3.000.000,-/

Tabel 14. *Break Even Point (BEP) Irigasi Sistem Tetes dengan Sumber Energi Fotovoltaik*

Tanaman kombinasi	Modal kerja Rp./tahun	Penjualan panen Rp./tahun	Produksi Kg/tahun	BEP Rp./tahun	Harga jual Rp./Kg
Multi-horti-kultura	18.078.850,-	28.528.000,-	5.480,-	3.300,-	5.205,-

Sumber: Tribowo (2004) dan Tribowo & Sukirno (2006) yang dikembangkan untuk daerah Indramayu, Jawa Barat dan Dompu, Nusa Tenggara Barat

tahun maka nilai BEP menjadi Rp3.300,-/kg (Tabel 14). Dengan harga jual hasil panen sebesar Rp5.205,-/kg (2004) maka penggunaan irigasi sistem tetes otomatis dengan sumber energi fotovoltaik adalah layak untuk diimplementasikan.

D. TIPE *GREENHOUSE* DAN SISTEM IRIGASI YANG DIGUNAKAN

1. *Greenhouse* Tipe Kaca dan Rangka Aluminium

Tipe *greenhouse* yang digunakan dalam implementasi irigasi sistem tetes dengan penetes tipe sekrup adalah *greenhouse* tipe kaca dan rangka aluminium (Gambar 61 dan 62). Irigasi tetes dengan penetes tipe sekrup diaplikasikan untuk media tanah di dalam *polybag*. Tanaman yang dibudidayakan adalah tanaman yang bernilai ekonomi relatif tinggi, yaitu cabai paprika (*Capsicum annum var. grossum*), tomat buah (*Solanum lycopersicum*), dan melon (*Cucumis melo L.*). Modulus irigasi terbesar terjadi pada tanaman paprika pada bulan September sebesar 0,60 liter/detik/hektare. Perancangan irigasi sistem tetes tipe sekrup berdasarkan 1 hari interval irigasi. Penetes memiliki debit tetesan rata-rata 2 liter/jam pada tekanan 5 meter kolom air. Keperluan tenaga pompa adalah 10 watt. Maksimum lama waktu pemberian air irigasi terjadi pada tanaman paprika, yaitu pada bulan September selama 7 menit 12 detik. Selain itu, pada tanaman tomat dan melon serta pada bulan selain September diperlukan waktu pemberian air yang lebih rendah.



Sumber: Koleksi pribadi



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 61. Tampak Depan *Greenhouse* Tipe Kaca dan Rangka Aluminium dengan Irigasi Sistem Tetes Tipe Sekrup

Gambar 62. Jaringan Pipa Irigasi Sistem Tetes Tipe Sekrup di Dalam *Greenhouse* Tipe Kaca Rangka Aluminium

2. *Greenhouse* Tipe Plastik Tebal dan Rangka Besi Siku atau Kawat Ayam

Tipe *greenhouse* yang digunakan dalam implementasi irigasi sistem tetes dengan penetes tipe eks-impor adalah *greenhouse* berplastik tebal dan rangka besi siku atau kawat ayam (Gambar 63 dan 64). Untuk aplikasi irigasi sistem tetes diperlukan suatu perhitungan atau perancangan yang didasarkan pada kebutuhan air tanaman (modulus irigasi) dan juga spesifikasi irigasi sistem tetes itu sendiri.

Lahan yang digunakan untuk bangunan *greenhouse* berada dalam lingkungan Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna-LIPI Subang, Jawa Barat. Tanaman yang dibudidayakan adalah cabai merah (*Capsicum annuum var. longum*) di dalam *polybag* berisi tanah alluvial yang diberi pupuk organik *bokashi* kotoran sapi dan pupuk anorganik konvensional (N, P, K). Pupuk organik hasil fermentasi bahan organik melalui inokulasi EM4 disebut *bokashi*. *Bokashi* dapat menjadi salah satu bahan penyuplai unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman. Kebutuhan air untuk tanaman diatur dengan irigasi sistem tetes dengan jumlah air yang diberikan tidak melebihi kapasitas lapang tanah media tanaman.

Interval pemberian air irigasi sistem tetes dirancang untuk 1 hari sekali diberi air. Penetes yang digunakan dalam perancangan adalah yang memiliki debit tetesan rata-rata 2 liter/jam pada tekanan 5 m kolom air. Dengan interval 1 hari, besarnya pemberian air adalah 4,6 mm. Dengan diameter tanah di dalam *polybag* 20 cm dan tinggi 20 cm maka volume tanah yang basah oleh tetesan satu penetes adalah 0,14 liter.

Q (debit) pipa utama untuk 84 buah *polybag* adalah 0,171 m³/jam dengan H (tekanan) pipa utama 5 m kolom air. Maksimum lama waktu pemberian air irigasi terjadi pada bulan Agustus, yaitu selama 4 menit 12 detik. Pada bulan lain tentunya kebutuhan waktu pemberian air akan lebih rendah.

3. *Greenhouse* Tipe Plastik UV dan Rangka Bambu

Tipe *greenhouse* yang digunakan dalam implementasi irigasi sistem tetes dengan penetes tipe ulir plastik adalah *greenhouse* tipe plastik UV dan rangka bambu (Gambar 65 dan 66). Sumber air berasal dari sumur bor pantek yang dihisap dengan pompa listrik berkekuatan 125 watt. Untuk memperbesar debit pompa, pompa diletakkan 1,50 m di bawah



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 63. Tampak Samping *Greenhouse* Tipe Plastik Tebal dan Rangka Besi Siku atau Kawat Ayam dengan Irigasi Sistem Tetes Tipe Eks-impor



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 64. Sebagian Jaringan Pipa Irigasi Sistem Tetes Tipe Eks-impor di Dalam *Greenhouse* Tipe Plastik Tebal dan Rangka Besi Siku atau Kawat Ayam

permukaan tanah dengan *suction head* 6,50 m dan debit 25 liter/menit. Dari lahan seluas 80 m², dibuat 3 guludan dengan tinggi 40 cm, lebar 100 cm, dan panjang 2.000 cm. Masing-masing guludan ditanami melon, paprika, dan tomat. Untuk pengendalian gulma dan pengurangan evaporasi dari permukaan tanah, setiap guludan diberi penutup mulsa plastik perak hitam.

Pada setiap guludan dipasang satu pipa lateral. Setiap 25 cm sepanjang pipa lateral terpasang slang distribusi beserta penetes tipe ulir plastik. Penetes tipe ulir plastik memiliki pengatur debit tetesan, di mana ulir plastik yang dipasang beserta kawat lapis seng berdiameter 3 mm berfungsi sebagai drip regulator. Penetes ulir plastik dibuat dari bahan slang level/waterpas berdiameter 3/18 inci dengan dinding slang “tebal” yang digulung dan dimasukkan ke dalam slang distribusi. Bak penampung air terbuat dari fiberglas berkapasitas 1.000 liter yang diletakkan satu meter di atas permukaan tanah. Rata-rata debit setiap penetes adalah 8 liter/jam.

4. *Greenhouse* Tipe Agronet 70% dan Rangka Besi Siku atau Kawat Ayam

Greenhouse tipe agronet 70% (kerapatan net 70% atau dapat meloloskan sinar matahari 30%) lebih tepat dinamakan bangunan peneduh



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 65. Tampak Samping *Greenhouse* Tipe Plastik UV dan Rangka Bambu dengan Irigasi Sistem Tetes Tipe Ulir Plastik



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 66. Sebagian Jaringan Pipa Lateral Irigasi Sistem Tetes Tipe Ulir Plastik (di Atas Guludan atau di Antara Tanaman Paprika) di Dalam *Greenhouse* Tipe Plastik UV dan Rangka Bambu

dengan meloloskan sinar matahari sebesar 30% untuk menyinari tanaman di bawahnya (Gambar 67). Efek rumah kaca dari tipe *greenhouse* ini dapat dikatakan tidak ada. Hal ini dikarenakan agronet tidak memiliki bahan kaca atau plastik dalam kaitannya dengan paparan sinar matahari yang mengenainya.

Greenhouse tipe ini digunakan untuk aklimatisasi (penyesuaian pada keadaan iklim) untuk tanaman hasil perkembangbiakan dari teknik kultur jaringan, dalam hal ini tanaman pisang (Gambar 68), sebelum ditanam pada lahan tanaman yang sesungguhnya. Irigasi untuk menyirami tanaman menggunakan irigasi sistem manual walaupun irigasi sistem tetes dapat digunakan bila tanaman berjumlah banyak.



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 67. Tampak Samping *Greenhouse* Tipe Agronet 70% dan Rangka Besi Siku atau Kawat Ayam dengan Irigasi Sistem Manual



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 68. Tanaman Pisang Hasil Kultur Jaringan Tumbuh di Dalam *Greenhouse* Tipe Agronet sebagai Tempat Aklimatisasi Tanaman

PENUTUP

Pengembangan teknologi manajemen air telah menghasilkan beberapa teknologi inovatif, namun masih kurang proaktif untuk mengisi kegiatan Gerakan Hemat Air (GHA) yang telah dicanangkan oleh Presiden RI sejak tahun 1994. Gerakan ini secara tidak langsung ikut pula meningkatkan efisiensi penggunaan air tawar di bumi ini.

Dalam implementasinya di lapangan, sosialisasi hasil-hasil pengembangan teknologi tersebut tidaklah mudah. Diperlukan tahapan-tahapan tersendiri dalam melaksanakan proses alih teknologi dari institusi yang melakukan pengembangan teknologi agar sampai kepada pengguna teknologi tersebut. Kecepatan waktu untuk menggunakan teknologi yang mendukung usaha-usaha konservasi air dan lahan jauh tertinggal dengan usaha-usaha lain yang justru merusak keseimbangan lingkungan yang dampaknya sangat jelas terlihat akhir-akhir ini. Kita dapat melihat banjir dengan ketinggian air yang belum pernah terjadi sebelumnya, kekeringan berkepanjangan diluar batas normal, dan sebagainya

Pengembangan teknologi manajemen air untuk keperluan tanaman hortikultura dengan teknik hidroponik merupakan peluang untuk dapat melakukan kegiatan agrobisnis di pemukiman yang cukup padat, seperti di perumahan perkotaan. Teknik hidroponik tidak memerlukan lahan untuk pertumbuhan tanam-an, seperti pertanian konvensional. Teknik ini dapat dilakukan di atap rumah atau bahkan

di dalam rumah dengan penyinaran yang cukup, seperti yang umumnya dilakukan untuk tanaman di dalam *greenhouse*.

Ada pemikiran mengenai penggunaan irigasi curah untuk menyirami tanaman padi ladang dengan kualitas hasil padi yang tidak kalah dengan padi sawah. Luasan areal yang dapat ditanami dengan irigasi curah ini dapat mencapai sepuluh kali lebih luas daripada dengan menggunakan irigasi terbuka/gravitasi, namun kendala pengadaan infrastruktur jaringan irigasinya perlu dibicarakan lebih lanjut dengan para *stakeholder* dan penggunaannya.

Masih banyak lagi pertanyaan dari masyarakat yang belum dapat kami jawab, seperti masyarakat pedesaan maritim yang menghendaki adanya teknologi yang sederhana dan murah, tetapi setidaknya andal untuk menjadikan air payau menjadi air tawar yang layak minum bahkan untuk mengairi tanaman, misalnya tanaman hortikultura. Teknologi tersebut masih merupakan barang yang mahal dan belum diperoleh laporan mengenai modifikasi dari bahan penjernih air payau/asin. Teknologi tersebut belum dapat dibuat di dalam negeri, seperti teknologi membran (*reverse osmosis*) yang sampai saat ini masih diproduksi di luar negeri.

Tidak ada gading yang tak retak. Semoga tulisan ini memacu pengembangan teknologi irigasi hemat air dengan berbagai pendekatan sehingga hasilnya lebih bermanfaat untuk masyarakat pengguna. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi pembacanya.

DAFTAR ISTILAH

- AGRONET : naungan untuk tanaman berbentuk seperti jaring yang dapat meloloskan 25–45% cahaya sinar matahari, tergantung pada jenis tanaman yang dibudidayakan.
- AGRONOMI : ilmu bercocok tanam.
- AIR IRIGASI : usaha penyediaan, pengambilan, pembagian, dan pemberian air ke lahan usaha tani.
- AIR TANAH : air yang berada pada lapisan di bawah permukaan tanah. Kedalaman air tanah di setiap tempat tidak sama karena dipengaruhi oleh tebal atau tipisnya lapisan permukaan.
- AKLIMATISASI : penyesuaian tumbuhan atau binatang pada iklim, lingkungan, kondisi, atau suasana yang berlainan dari tempat asal sebagai akibat pemindahan.
- BOKASHI : Pupuk bokashi merupakan pupuk kompos yang dibuat dengan cara fermentasi. Bahan baku pupuk bokashi terdiri atas sisa tanam-an, kotoran ternak, sampah dapur atau campuran material organik lainnya. Pupuk bokashi dibuat dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme efektif (EM4) sebagai dekomposernya.

- DESALINASI : proses yang menghilangkan kadar garam berlebih dalam air untuk mendapatkan air yang dapat dikonsumsi binatang, tanaman, dan manusia.
- DEBIT : besaran yang menunjukkan volume fluida atau cairan yang mengalir melalui suatu penampang per satuan waktu.
- DAYA POMPA : kemampuan alat pompa, misalnya pompa air, dalam mengalirkan sejumlah air melalui alat tersebut dengan satuan Horse power atau watt.
- ELECTRIC CONDUCTIVITY* : suatu keterhantaran elektrik di dalam larutan. Istilah ini umumnya digunakan pada sistem hidroponik, *aquaculture*, dan air tawar untuk memonitor jumlah nutrisi, garam-garam, atau ketidakmurnian di dalam air.
- EMITTER : bagian akhir dari peralatan irigasi sistem tetes yang berupa alat penetes.
- EMBUNG : secara definitif merupakan kolam berbentuk persegi empat (atau hampir persegi empat) yang menampung air hujan dan air limpasan di lahan sawah dan tadah hujan yang berdrainase baik. Pada PP No. 77 Tahun 2001 tentang Irigasi embung disebut juga waduk lapangan dan didefinisikan sebagai tempat/wadah penampung air irigasi pada waktu terjadi surplus air di sungai atau pada saat hujan.
- EVAPORASI : dapat diartikan sebagai proses penguapan dari *liquid* (cairan) dengan penambahan panas.

FAKTOR

TANAMAN : faktor tanaman (K_c) merupakan koefisien tanaman yang menyatakan hubungan antara E_{to} dan E_T tanaman. Nilai K_c beragam sesuai dengan jenis tanaman, fase pertumbuhan, dan kondisi cuaca yang ada.

GREENHOUSE : secara umum dapat didefinisikan sebagai bangun konstruksi dengan atap tembus cahaya yang berfungsi memanipulasi kondisi lingkungan agar tanaman di dalamnya dapat berkembang optimal.

HIDROLOGI : suatu ilmu yang mempelajari air di bumi, yaitu mengenai kejadian, sirkulasi dan distribusi, sifat-sifat kimia dan fisika, dan reaksinya dengan lingkungan, termasuk hubungannya dengan makhluk hidup.

HIDROPONIK : berasal dari kata Yunani, yaitu *hydro* yang berarti air dan *ponos* yang artinya daya. Hidroponik adalah suatu teknik/metode bercocok tanam tanpa menggunakan tanah. Media-media tanam dapat berupa kerikil, pasir, sabut kelapa, zat silikat, pecahan batu karang atau batu bata, potongan kayu, atau busa. Elemen dasar yang dibutuhkan tanaman hidroponik sebenarnya bukanlah tanah, tetapi cadangan makanan dan air yang diserap akar. Berarti dapat disimpulkan bahwa suatu tanaman dapat tumbuh tanpa tanah, asalkan diberikan cukup air dan garam-garam mineral.

INFILTRASI : proses masuknya air ke dalam tanah, di mana besar infiltrasi tergantung pada keadaan lapisan permukaan tanah.

INOVATIF : bersifat memperkenalkan sesuatu yang baru; bersifat pembaruan (kreasi baru).

INTENSITAS
CAHAYA

MATAHARI : banyaknya energi matahari yang diterima oleh suatu benda/objek per satuan luas dan per satuan waktu ($\text{kal}/\text{cm}^2/\text{hari}$)

INTERVAL

IRIGASI : selang waktu pemberian air irigasi, misalnya setiap dua hari sekali diberi air irigasi.

IRIGASI SISTEM

TETES : sistem pengairan irigasi yang menggunakan pipa-pipa plastik yang kemudian air dikeluarkan dari pipa dengan menggunakan *emitter*/penetes yang memiliki spesifikasi debit aliran tertentu untuk kemudian diteteskan di dekat tanaman. Pemberian air yang berupa tetesan akan meminimalkan kehilangan air karena evaporasi. Selain itu, laju dan waktu pemberian air dapat diatur untuk meniadakan *run-off* dan meminimalkan kehilangan air yang diakibatkan oleh perkolasi. Irigasi sistem tetes sangat potensial untuk diterapkan pada usaha tani lahan kering dengan ketersediaan air yang sangat terbatas.

IRIGASI SISTEM
CURAH/

SPRINKLER : seringkali disebut juga sebagai *overhead irrigation* atau irigasi sistem *sprinkler*, mengingat bahwa pemberian air dilakukan dari atas tanaman dan diusahakan mendekati keadaan hujan. Fungsi utama irigasi sistem curah adalah untuk

memberikan air secara merata dan efisien pada areal pertanaman tertentu, dengan jumlah dan kecepatan yang sama atau kurang dari daya penyerapan tanah.

IRIGASI SISTEM

KENDI : sistem irigasi dengan cara air irigasi dimasukkan dulu ke dalam kendi kemudian melalui rembesan air melalui pori-pori dinding kendi akan membasahi media tanam untuk kemudian menghidupi tanaman pada media tersebut.

KALENDER

TANAM : waktu kalender yang menggambarkan potensi pola dan waktu tanam untuk tanaman berdasarkan potensi dan dinamika sumber daya iklim dan air.

KATUP

SOLENOIDA : katup pada semacam kran air dimana menutup dan membukanya katup/kran diatur oleh aliran listrik yang dialirkan melalui solenoida yang akan mengaktifkan medan magnet untuk posisi katup/kran terbuka; sedangkan bila tidak dialiri listrik, posisi katup/kran tertutup.

LAJU DEPLESI : laju pengurangan, dalam tulisan ini adalah laju pengurangan kandungan air tanah dengan satuan mm/hari.

MODULUS

IRIGASI : kebutuhan air irigasi pada tingkat tanaman dengan satuan mm/hari atau liter/detik/hektare.

MANAJEMEN

AIR : suatu proses (rangkaian aktivitas) yang berbeda terdiri atas perencanaan, pengorganisasian, pergerakan, dan pengontrolan yang dilaksanakan untuk mencapai tujuan (pengelolaan air) dengan bekerja bersama antara manusia dan sumber daya lainnya.

NOZEL

SPRINKLER : bagian dari pencurah *sprinkler* (*head sprinkler*) yang merupakan bagian akhir dari sistem/alat pencurah air dari irigasi sistem *sprinkler*.

PALAWIJA : (Sanskerta: *phaladmija*) secara harfiah berarti tanaman kedua. Palawija merupakan tanaman selain padi dan biasa ditanam di sawah atau di ladang, seperti kacang, jagung, ubi.

PERKOLASI : proses mengalirnya air ke bawah tanah (setelah infiltrasi) secara gravitasi sehingga mencapai permukaan air tanah pada lapisan jenuh air di dalam tanah.

PIPA PVC : pipa yang dibuat dari bahan polivinil klorida (IUPAC: poli(kloroetanadiol)), biasa disingkat PVC. PVC adalah polimer termoplastik urutan ketiga dalam hal jumlah pemakaian di dunia, setelah polietilena dan polipropilena. Di seluruh dunia, lebih dari 50% PVC yang diproduksi dipakai dalam konstruksi. Sebagai bahan bangunan, PVC relatif murah, tahan lama, dan mudah dirangkai. PVC bisa dibuat lebih elastis dan fleksibel dengan menambahkan *plasticizer*, umumnya ftalat. PVC yang fleksibel umumnya dipakai sebagai bahan pakaian, perpipaan, atap, dan insulasi kabel listrik.

PUPUK

ANORGANIK : pupuk yang terbuat dengan proses fisika, kimia, atau biologis. Pada umumnya pupuk anorganik dibuat oleh pabrik. Bahan dalam pembuatan pupuk anorganik berbeda-beda, tergantung pada kandungan yang diinginkan.

PUPUK

ORGANIK : pupuk yang tersusun dari materi makhluk hidup, seperti pelapukan sisa-sisa tanaman, hewan, dan manusia.

POLA TANAM : merupakan suatu urutan tanam pada sebidang lahan dalam satuan waktu (hari/ bulan/ tahun), termasuk di dalamnya masa pengolahan tanah.

POLYBAG : atau kantong plastik yang umumnya berwarna hitam. Bahan dasar *polybag* ini terbuat oleh *polyethylene*, yaitu molekul polimer yang sangat panjang dan besar serta terikat dengan sangat kuat sehingga sulit dipisahkan atau diasimilasi oleh bakteri dekomposer.

POLYETILEN : suatu bahan yang termasuk dalam golongan polimer, dalam bahasa komersial lebih dikenal dengan nama plastik karena bahan tersebut bersifat termoplastik. Jika polietilen diradiasi, bahan tersebut akan mengalami perubahan struktur, yang pada umumnya akan terjadi perubahan sifat-sifat fisiknya.

POMPA HIDRAM : Pompa *hydraulic ram* atau yang dikenal dengan pompa hidram pertama kali dikembangkan oleh *Mongolfier* di Perancis pada tahun 1796. Secara esensi hidram adalah alat pemompaan secara otomatis yang memanfaatkan air untuk mengangkat sebagian aliran air ke tempat yang

lebih tinggi; atau dengan perkataan lain menggunakan sejumlah besar air pada *head*/posisi yang rendah untuk mengangkat sebagian air ke tempat yang lebih tinggi.

PRESIPITASI : dalam meteorologi, presipitasi (juga dikenal sebagai satu kelas dalam hidrometeor, yang merupakan fenomena atmosferik) adalah setiap produk dari kondensasi uap air di atmosfer. Presipitasi terjadi ketika atmosfer (yang merupakan suatu larutan gas raksasa) menjadi jenuh dan air kemudian terkondensasi dan keluar dari larutan tersebut (terpresipitasi). Udara menjadi jenuh melalui dua proses, yaitu pendinginan atau penambahan uap air. Presipitasi yang mencapai permukaan bumi dapat menjadi beberapa bentuk, termasuk diantaranya hujan, hujan beku, hujan rintik, salju, *sleet*, and hujan es.

RUN-OFF : atau limpasan permukaan adalah apabila intensitas hujan yang jatuh di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) melebihi kapasitas infiltrasi. Setelah laju infiltrasi terpenuhi, air akan mengisi cekungan-cekungan pada permukaan tanah. Setelah cekungan-cekungan tersebut penuh, selanjutnya air akan mengalir (melimpas) di atas permukaan tanah.

SPRAYER : penyemprot air dengan keluaran air berbentuk cairan halus mendekati seperti kabut.

STRES AIR : stres air yang dimaksud adalah cekaman kekeringan pada tanaman. Dengan perlakuan *stressing* air yang tepat pada pertumbuhan tanaman dengan cara mengeringkan kadar air media

tanaman, akan merangsang pembentukan bakal buah.

SUMUR BOR

PANTEK : sumur yang dibuat dengan cara dibor, baik secara mesin maupun manual yang umum-nya sampai dengan kedalaman lapisan permukaan air tanah paling atas. Lubang hasil pengeboran diberi *casing* berupa pipa galvanis atau PVC.

TABUNG

MARIOTE : suatu tabung berisi cairan yang bekerja seperti cairan di dalam botol terbalik, dimana cairan akan keluar melalui mulut botol yang terbalik apabila tekanan udara di dalam botol membesar dengan masuknya gelembung udara ke dalam botol melalui mulut botol; aliran cairan akan berhenti bila tekanan udara di dalam botol sama dengan tekanan udara di luar botol.

TANAH/LAHAN

MARGINAL : tanah/lahan kering yang kondisi fisik dan kimia tanahnya tidak mendukung untuk diusahakan bagi budi daya tanaman terutama tanaman pangan tanpa perlakuan dan masukan unsur hara yang memadai.

TANAMAN

HORTIKULTURA : tanaman yang awalnya dibudidayakan di kebun atau pekarangan, berasal dari bahasa Latin *hortus* (tanaman kebun) dan *cultura/ colere* (budi daya). Kemudian hortikultura digunakan secara lebih luas bukan hanya untuk budi daya di kebun. Hortikultura memfokuskan pada budi

daya tanaman buah, tanaman bunga, tanaman sayuran, tanaman obat-obatan, dan taman.

TEKNIK KULTUR

JARINGAN : teknik membudidayakan jaringan tanaman menjadi tanaman kecil yang bersifat seperti tanaman induknya.

TEKNOLOGI : pengembangan dan aplikasi dari alat, mesin, material, dan proses yang menolong manusia menyelesaikan masalahnya. Sebagai aktivitas manusia, teknologi mulai sebelum sains dan teknik, sedangkan definisi teknologi lainnya adalah 1) Metode ilmiah untuk mencapai tujuan praktis ilmu pengetahuan terapan, 2) Keseluruhan sarana untuk menyediakan barang-barang yang diperlukan bagi kelangsungan dan kenyamanan hidup manusia.

TEKSTUR TANAH : Badan Pertanahan Nasional mendefinisikan bahwa tekstur tanah adalah keadaan tingkat kehalusan tanah yang terjadi karena terdapat perbedaan komposisi kandungan fraksi pasir, debu, dan liat yang terkandung dalam tanah.

TENSIOMETER : suatu alat untuk mengukur potensial matriks air tanah (tegangan), air dalam tanah *in situ*; suatu mangkok porus, keramik permeabel yang dihubungkan dengan tabung berisi air pada suatu manometer, alat vakum, penimbun tekanan, atau alat pengukur tekanan lainnya (Glosarium ilmu tanah).

TOPOGRAFI : studi tentang bentuk permukaan bumi dan objek lain, seperti planet, satelit alami (bulan dan sebagainya), dan asteroid. Topografi umumnya menyuguhkan relief permukaan, model tiga dimensi, dan identitas jenis lahan.

Relief adalah bentuk permukaan suatu lahan yang dikelompokkan atau ditentukan berdasarkan perbedaan ketinggian (*amplitude*) dari permukaan bumi (bidang datar) suatu bentuk bentang lahan (*landform*). Sementara itu, topografi secara kualitatif adalah bentang lahan (*landform*) dan secara kuantitatif dinyatakan dalam satuan kelas lereng (% atau derajat), arah lereng, panjang lereng, dan bentuk lereng.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusto. 1984. *Instalasi Pompa Hidram*. 12 pp. Bandung: Lembaga Fisika Nasional – LIPI.
- Ashadi dkk. 1994. “Penelitian Air Tanah di Kawasan UPT-BBOK-LIPI Bergen, Tanjung Bintang, Lampung Selatan”. *Prosiding Seminar Ilmiah Hasil-Hasil Penelitian dan Pengembangan Fisika Terapan - LIPI 1993/1994, P3FT-LIPI*, Bandung, Hlm. 281–298.
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. 1997. *Rangkuman Seminar Pembukaan Pengembangan dan Pengelolaan Sumber Daya Air*. 2 pp. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Tenggara, Bidang IPDS. 2004. *Sulawesi Tenggara Dalam Angka 2004*. 482 pp. Kendari.
- Baharsjah, J.S. 1997. “Optimasi Permanfaatan Air Irigasi di Tingkat Usaha Tani sebagai Implementasi Gerakan Hemat Air”. *Makalah Seminar Nasional Himpunan Ahli Teknik Tanah dan Air Kerja Sama dengan Komite Nasional Indonesia untuk ICID, Bekasi*. 26 pp.
- Balai Penelitian Tanah, Bogor. 2003. *Hasil Analisis Contoh Tanah Blok Mekarsari, Dusun Sandrem, Desa Mekarjaya, Kecamatan Haurgeulis, Kabupaten Indramayu*. 1 pp.
- Considine, D.M. 1985. *Process Instruments and Controls Handbook*. 10.1 – 18.1 – 19.1. United State of America: McGraw-Hill Book Company.
- Dijkerman, J.C. 1981. *Field Description, Morphology and Sampling of Soils*. 4/4–4/5. Agricultural University, Wageningen, The Netherland.
- Doorenbos *et al.* 1979. *Yield Response to Water*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33. 193 pp. Rome.
- Doorenbos, J. *et al.* 1984. *Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Design Paper No. 24. 144 pp. Rome.

- Hidayat dkk. 1996. "Pemantapan Gerakan Hemat Air untuk Mengoptimalkan Pemanfaatan Sumber Daya Air". *Prosiding Seminar Nasional Gerakan Hemat Air*, No. Klasifikasi 333.91 PAW g, Lemhannas. Jakarta.
- International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands. 1980. *Drainage Principles and Application, III Surveys and Investigations*. Hlm. 226–245.
- Kadir, M.Z. dan Bambang. 2010. *Pengaruh Tinggi Sudu Kincir Air Terhadap Daya dan Efisiensi yang Dibasikkan*. (<http://www.akademik.unsri.ac.id/snttm2010>, diakses Juni 2012).
- Kartasapoetra. 1992. *Marketing Produk Pertanian dan Industri*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Kerjasama Badan Pusat Statistik dan Bapeda Kabupaten Indramayu. 2001. *Kabupaten Indramayu dalam Angka Tahun 2001*. Hlm. 1–2. Indramayu.
- "Kincir Air Tipe PUSAIR". 2011. (<http://www.pusair-pu.go.id/index.php/basil.../346-kincir-air-tipe-pusair>, diakses Juni 2012).
- Kodoatie, R.J. dan Sjarief, R. 2010 *Tata Ruang Air*. 538 pp. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Koorevaar, P. et al. 1983. *Elements of Soil Physics*. 228 pp. Amsterdam: Elsevier.
- Meijer, T.K.E. 1989. *Sprinkler & Trickler Irrigation*. 98 pp. Department of Irrigation and Civil Engineering, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.
- Partowiyoto. 2002. "Peningkatan Produktivitas Melalui Penguasaan Teknologi Inovatif Menuju Kemandirian Industri Pertanian". *Prosiding Seminar Nasional, Persatuan Insinyur Indonesia, Jakarta*. Hlm. 16-1 – 16-11.
- Rahardi, F. 1997. *Bercocok Tanam Dalam Pot*. 98 pp. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Roscher, K. 1988. *Irrigation Delivery Scheduling*. p. 4.5. Department of Irrigation and Civil Engineering, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.
- Schwab dkk. 1997. *Teknik Konservasi Tanah dan Air*. 571 pp. Alih bahasa, Center for Land and Water Management Studies, Sriwijaya University, Palembang.
- Setiawan, B.I. 1998. "Sistem Irigasi Kendi untuk Tanaman Sayuran di Daerah Kering". *Laporan Riset Unggulan Terpadu IV, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor*. 125 pp.
- Soepardi, G. 1979 *Sifat dan Ciri Tanah*. Hlm. 51–52. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

- Sosrodarsono S. dan Kensaku Takeda. 1977. *Hidrologi untuk Pengairan*. Hlm. 1–4. Association for International Technical Promotion Tokyo, Japan dan Pradyna Paramita, Jakarta.
- Sugianto Y. 2001. “Analisis Ketersediaan Air untuk Pertanian di Pulau Jawa”. *Prosiding Seminar Nasional Air-Lahan-Pangan, Pusat Penelitian Manajemen Air dan Lahan (PPMAL) dan Program Studi Ilmu Tanaman Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya, Palembang*. Hlm. A.25.1–A.25.11.
- Triatmodjo, B. 2009. *Hidrologi Terapan*. 360 pp. Yogyakarta: Beta Offset.
- Tribowo, I. 1989. *Sprinkler and Trickler Irrigation Design on Tertiary Unit of Wonogiri Irrigation Project*. 54 pp. The Netherlands: Wageningen Agricultural University.
- Tribowo R.I. 1992. “Pembuatan Kelengkapan *Sprinkler* untuk Dapat Beroperasi di Lapangan”. *Prosiding Hasil Penelitian dan Pengembangan Proyek Swasembada Pangan dan Teknologi Tepat Guna-LIPI, P3FT LIPI Bandung*. Hlm. 7–12.
- Tribowo R.I. dan Sudaryanto A. 1996. “Perancangan Irigasi *Sprinkler* dengan Perpipaan yang Dapat Dipindahkan”. *Prosiding Seminar Ilmiah Hasil-Hasil Penelitian dan Pengembangan Fisika Terapan-LIPI 1995/1996P3FT – LIPI, Bandung*. Hlm. 435–448.
- Tribowo R.I. 1997. “Perancangan dan Implementasi Irigasi *Sprinkler* untuk Budi daya Tanaman Rumput Pakan Ternak Domba”. *Prosiding Perkemahan dan Seminar Tabunan Perbimpunan Teknik Pertanian, Jatinangor*. Hlm. 1–13.
- Tribowo, R.I. dan Augusto W.M. 1997. “Perancangan dan Pemanfaatan *Sprinkler* untuk Penyiraman Taman Tanaman Hias”. *Prosiding Seminar Nasional Fisika Terapan dan Lingkungan, Buku I, P3FT-LIPI, Serpong*. Hlm. 332–343.
- Tribowo, R.I. 1998. *Panduan Teknis Perancangan Irigasi Sistem Tetes*. Balai Pengembangan Teknologi Tepat Guna-P3FT-LIPI, Subang. 36 pp.
- Tribowo, R.I. dkk. 1999. “Studi Perancangan Irigasi Tetes di dalam *Greenhouse* untuk Tanaman Jeruk Siam (*Citrus nobilis*) di dalam Pot”. *Prosiding Pemaparan Hasil Litbang IPTEK, Bandung*. Hlm. 361–366.
- Tribowo, R.I. 2000. “Irigasi Sistem Tetes Emitter Sekrup sebagai Alternatif Implementasi Irigasi Hemat Air pada Lahan Marginal untuk Usaha Agro-industri”. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Pertanian, PERTETA – IPB, Bogor*. Hlm. V1-185–V1-190.
- Tribowo, R.I. 2000. “Perancangan dan Otomatisasi Irigasi Tetes Lahan Multicrop Hortikultura”. *Prosiding Pemaparan Hasil Litbang Iptek, LIPI*. Hlm. II.38–II.45.

- Tribowo, R.I. 2000. “Studi Perancangan Aplikasi Irigasi Kendi Tipe – IPB Sebagai *Emitter* Irigasi Sistem Tetes untuk Tanaman Lidah Buaya (*Aloe vera*)”. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Tepat Guna untuk Menumbuh-kembangkan Industri Kecil dan Menengah, B2PTTG - LIPI-UNPAD-PERTETA, Bandung*. A14-1–A14-12.
- Tribowo, R.I. dkk. 2002. “Pemanfaatan Prinsip Kerja Tabung Mariote untuk Irigasi Tanaman Hidroponik”. *Prosiding Seminar Nasional Perkembangan Industri dan Teknologi Ramah Lingkungan, Jurusan Teknik Kimia-UGM, Yogyakarta*. Hlm. 2–7.
- Tribowo R.I. 2003. “Perancangan Awal Otomatisasi Irigasi Tetes Tanaman Hortikultura di dalam *Greenhouse* dengan Menggunakan Sensor Tensiometer”. *Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi, PPI-KIM-LIPI, Serpong*. Hlm. 78–90.
- Tribowo R.I. 2003. “Analisis Pemanfaatan Pompa Hidram sebagai Explorer Sumber Air untuk Irigasi Hemat Air Tabung Mariote”. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia SNTPK V 2003, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Jakarta*, Hlm. 1–8.
- Tribowo R.I. 2003. “Pengembangan Teknologi dan Manajemen Irigasi Hemat Air”. *Prosiding Pemaparan Hasil Litbang IPT 2003, Kedeputan Ilmu Pengetahuan Teknik, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bandung, Buku I*. A-11–A-27.
- Tribowo R.I. 2003. “Perancangan dan Uji Coba Aplikasi Irigasi Hemat Air untuk Usaha Tani Intensif Skala Kecil (Studi Kasus di Desa Mekarjaya, Kecamatan Haurgeulis, Kabupaten Indramayu)”. *Prosiding Seminar Nasional Tabunan PERTETA, Pengembangan Inkubator Agrobisnis Berbasis Teknologi Tepat Guna, BPTTG-PERTETA-UNPAD, Subang*. TTA-1–TA-10.
- Tribowo R.I. 2004. “Analisis Pemanfaatan Photovoltaic untuk Aplikasi Irigasi Hemat Air dan Alternatif Otomatisasi”. *Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI-KIM) 2004, Pusat Penelitian Kalibrasi Instrumentasi dan Metrologi - Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia*. Hlm. 153–166.
- Tribowo I. 2004. “Drips Irrigation and It's Alike Technology Development as A Part of A Highly Efficient Irrigation”. *Proceedings of International Seminar on Advanced Agricultural Engineering and Farm Work Operation, CREATA-JS-FWR-PERTETA-IPB, Bogor, West Java, Indonesia, Volume I*. Hlm. 167–188.
- Tribowo R.I. dkk. 2004. “Analisis Kelayakan Pemanfaatan Kombinasi Irigasi *Sprinkler* dan Tetes untuk Usaha Tani Intensif Skala Kecil (Studi Kasus di Desa Mekarjaya, Kecamatan Haurgeulis, Kabupaten Indramayu)”. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia SNTPK VI 2004, Utilization*

of Indonesian Natural Resources, Innovation and Achievement of Chemical Process Technology, Departemen Teknik Gas dan Petrokimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Jakarta. Hlm. ikkm-1–ikkm-8.

- Tribowo R.I. dan Sukirno. 2004. “Analisis Tekno Ekonomi Usaha Tani Intensif Skala Kecil Beririgasi Sistem Tetes Sederhana Tipe Ulir Plastik (Studi Kasus di Desa Mekarjaya, Kecamatan Haurgeulis, Kabupaten Indramayu)”. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” 2004, Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri UPN “Veteran” Yogyakarta, Yogyakarta.* Hlm. D03-1–D03-8.
- Tribowo R.I. dkk. 2005. *Pengadaan Air Gravitasi untuk Keperluan Rumah Tangga dan Prospektif Implementasi Pompa Hidram serta Peluang Agrobisnis di Desa Ulusena, Kecamatan Moramo, Sulawesi Tenggara, BPTTG - LIPI, Subang.* 15 pp.
- Tribowo R.I. dan Elok W.H. 2005. “Implementasi Sistem Irigasi Tetes Tipe Ulir Plastik pada Budi daya Tanaman Hortikultura. (Studi Kasus di Desa Kendai Dua, Kecamatan Woja, Kabupaten Dompu, Provinsi Nusa Tenggara Barat)”. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” 2005. Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknologi Industri UPN “Veteran” Yogyakarta. Yogyakarta.* Hlm. C03-1–C03-6.
- Tribowo R.I. 2005. “Analisis Budi Daya Mina_Hortikultura dengan Sumber Air dari Pompa Hidram (Studi Kasus di Desa Jingskang, Kecamatan Tanjung Kerta, Kabupaten Sumedang)”. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia. Teknologi Tepat Guna Berbasis Sumber Daya Alam Indonesia. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknologi Industri Universitas Katolik Parahiyangan Bandung.* Hal. P09-1–P09-7.
- Tribowo R.I. dan Sukirno. 2005. “Upaya-Upaya Aplikasi Teknologi Inovatif Manajemen Air Efisiensi Tinggi Sebagai Bagian dari Sistem Agrobisnis”. *Prosiding Seminar Nasional Tabunan PERTETA. Peran Serta Teknik Pertanian dalam Usaha Revitalisasi Pertanian, Perikanan dan Kehutanan dalam Rangka Meningkatkan Ketahanan Pangan. PERTETA – B2PTTG - LIPI – FTIP UNPAD. Bandung.* Makalah ke-1. Hlm. 1–9.
- Tribowo R.I. dkk. 2006. “Pengadaan Air Gravitasi untuk Keperluan Rumah Tangga dan Prospektif Implementasi Pompa Hidram serta Peluang Agrobisnis”. Dalam *Implementasi Teknologi Tepat Guna, Pemberdayaan Ekonomi Masyarakat Pedesaan di Provinsi Sulawesi Tenggara.* Subang: Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna-LIPI. Hlm. 1–18.

- Tribowo R.I. dan Sukirno. 2006. “Alternatif Penggunaan Photo Voltaic sebagai Sumber Energi Listrik Pompa Air Sumur Dangkal untuk Budi Daya Tanaman Hortikultura”. Dalam *Implementasi Teknologi Tepat Guna, Pemberdayaan Ekonomi Masyarakat Pedesaan di Provinsi Sulawesi Tenggara*. Subang: Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna-LIPI. Hlm. 19–33.
- Tribowo R.I. & Hendarwin M.A. 2006. “Alternative of Implementation of Gravitation Technique, Hidram Pump and Photovoltaic Purposed to Prepare Fresh Water for Household and Agribusiness”. *Proceeding The 9th International Conference on Quality in Research (QiR)*. University of Indonesia. Faculty of Engineering. Depok, Page EPE-13, 1–6.
- Tribowo R.I. dan Hendarwin M.A. 2007. “Analisis Pemanfaatan Sistem Irigasi Tetes Tipe Ulir Plastik untuk Budi daya Tanaman Padi Lahan Kering dan Hortikultura Organik”. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia, Teknologi Ramah Lingkungan Green Technology Berbasis Sumber Daya Alam Indonesia. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan Bandung*. Bandung, Hlm. P–01.
- Tribowo R.I. 2007. Irigasi Tetes untuk Agrobisnis Tanaman Organik. Dalam *Majalah semi populer inovasi Menebar Ilmu dan Teknologi Membangun Kemandirian*. Edisi 04/Mei 2007.
- Tribowo R.I. 2008. “Manajemen Air Lahan Basah”. Dalam *Perjalanan LIPI di Pedalaman Papua, Pengembangan Masyarakat di Bumi Lembah Baliem Wamena*. ubang: Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna-LIPI. Hlm. 57–69.
- Tribowo R.I. 2008. “Manajemen Air, Karakteristik dan Pemanfaatan Irigasi dan Drainase Lahan Agribisnis di Kabupaten Jayawijaya”. Dalam *Perjalanan LIPI di Pedalaman Papua, Pengembangan Masyarakat di Bumi Lembah Baliem Wamena*. Subang: Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna-LIPI. Hlm. 70–79.
- Tribowo R.I. dan Sukirno. 2008. “Tinjauan Managemen Air Lahan Basah, Studi Kasus pada Areal Sawah di Pugima Kabupaten Jayawijaya”. Dalam *Perjalanan LIPI di Pedalaman Papua, Pengembangan Masyarakat di Bumi Lembah Baliem Wamena*. Subang: Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna-LIPI. Hlm. 80–96.
- Tribowo R.I. 2009. “Appropriate Technology of High Efficient Irrigation for Plants in The Greenhouse and It’s Vicinity”. *Proceedings of The Indonesian International Conference on Innovation, Entrepreneurship, and Small Business. Institut Teknologi Bandung, Bandung*. Page 85–93.

- Tribowo R.I. and Sukirno. 2009. "Analysis of *Sprinkler* Irrigation System Application for Dry Land Rice and Horticulture, Case Study at Bergen – Purwotani Village – District of South Lampung". *Proceedings PAWEES 2009 International Conference on Promising Practices for The Development of Sustainable Paddy Fields. International Society of Paddy and Water Environment Engineering and Directorate General of Higher Education-Indonesian Department of National Education. Bogor.* Page GI.2-1–GI.2-9.
- Tribowo R.I. 2010. "Analysis of Utilization of Hydrant Pump's Water Source for Catfish Culture and Paddy Cultivation (Case Study at Jingkang Village, Subdistrict of Tanjung Kerta, District of Sumedang)". *Proceedings of The 2nd Indonesian International Conference on Innovation, Entrepreneurship, and Small Business. Universitas Multimedia Nusantara and Institut Teknologi Bandung. Serpong.* Page 997–1003.
- Tribowo R.I. 2010. "Sumber Air Tanah dengan Pompa Submersible untuk Budi daya Ikan Lele Dumbo dan Kaitannya dengan Lahan Padi: Studi Kasus di Pantura Subang dan Indramayu". *Prosiding Lokakarya Grassroot Innovation 2009, Mendayagunakan Inovasi Masyarakat untuk Membangun Kemandirian Bangsa.* Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna. Subang. Hlm. D13-1–D13-14.
- Tribowo R.I. 2010. "Sumber Air Tanah Dangkal dengan Pompa Photovoltaic untuk Budi daya Ikan Lele dan Padi serta Jarak Optimal Antara Pompa". *Prosiding Seminar Teknik Kimia UNPAR 2010, Pemanfaatan Biomassa untuk Pangan, Energi, dan Bahan Kimia. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknologi Industri. Universitas Katolik Parahyangan Bandung.* Bandung. Hlm. 449–454.
- Tribowo R.I. 2011. "Anomali Iklim 2010 dan Pengaruhnya Terhadap Pemanfaatan Pompa Hidram untuk Budi Daya Ikan Lele – Padi (Studi Kasus di Desa Jingkang, Kecamatan Tanjung Kerta, Kabupaten Sumedang). *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan, Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia.* Program Studi Teknik Kimia. Fakultas Teknologi Industri. UPN Veteran Yogyakarta. Yogyakarta, Hlm. F03-1–F03-8.
- Usher, M.J. 1985. *Sensors and Transducers.* 9–20. Hongkong: MacMillan Publishers Ltd..
- http://www.centexsprinklers.com/?page_id=21 (27 Oktober 2014)
- <http://www.climatetechniki.org/technology/jiqweb-svp> (27 Oktober 2014)
- <http://www.panasia.org.sg/nepalnet/crt/photovoltaic.htm>, 2004, *Solar Photo-voltaic (SPV) Cells*, 5pp. (Mei 2004)

Upacara Pencanangan Gerakan Hemat Energi dan Air oleh Presiden R.I. Susilo Bambang Yudoyono, di Lapangan Silang Monas, 10 Agustus 2008. (14 Mei 2013) (<http://www.setneg.go.id/> diakses 1 Februari 2012).

<http://id.wikipedia.org/wiki> (Juni–Juli 2013)

http://www.diytrade.com/china/pd/9013308/Hand_Move_Portable_Sprinkler_Irrigation_System.html (3 Oktober 2014)

<http://www.budmech.com.pl/572.html> (3 Oktober 2014)

http://practicalaction.org/practicalanswers/product_info.php?products_id=196%3B (3 Oktober 2014)

Bahan referensi dan bacaan lainnya

AAK. 1999. *Petunjuk Praktis Bertanam Sayuran*. Penerbit Kanisius. 175 pp. Yogyakarta. Yogyakarta: Penerbit Kanisius. 175 pp.

Alamsyah S. 2009. *Merakit Sendiri Alat Penjernih Air untuk Rumah Tangga*. 53 pp. Jakarta: Kawan Pustaka

Badan Agribisnis Departemen Pertanian. 1999. *Investasi Agribisnis Komoditas Unggulan Tanaman Pangan dan Hortikultura*. Penerbit Kanisius. 116 pp. Yogyakarta. Yogyakarta: Penerbit Kanisius. 116 pp.

Basuki W. 2009. *Air Hujan dan Kita, Panduan Praktis Pemanfaatan Air Hujan*, Terjemahan dari teks asli: *Yatte Miyo Amamiizu*. Jakarta: PT Kompas Media Nusantara. 201 pp.

Brata K.R. dan Nelistya A. 2009. *Lubang Resapan Biopori*. 75 pp. Jakarta: Penebar Swadaya.

Cahyono B. 2012. *Budidaya Nenas Secara Komersial*, 141 pp. Jakarta: Pustaka Mina.

Diposaptomo S. dkk. 2009. *Menyiasati Perubahan Iklim di Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*. 359 pp. Bogor: PT Sarana Komunikasi Utama.

Feriadi H. dan Frick H. 2008. *Atap Bertanaman Ekologis dan Fungsional*. 75 pp. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.

Joko T. 2010. *Unit Produksi dalam Sistem Penyediaan Air Minum*. 376 pp. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Kusnaedi. 2010. *Mengolah Air Kotor untuk Air Minum*. 92 pp. Jakarta: Penebar Swadaya.

Lingga P. 1997. *Hidroponik Bercocok Tanam Tanpa Tanah*. 99 pp. Jakarta: Penebar Swadaya.

- Mulyanto H.R. 2008. *Efektif Konservasi dari Sistem Sabo untuk Pengendalian Sedimentasi Waduk*, 125 pp. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Mulyanto H.R. 2010. *Reklamasi Lahan Rendah*. 126 pp. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Najiyati S. dan Danarti. 1999. *Pemanfaatan Lahan Tidur untuk Tanaman Pangan*. 70 pp. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Nazaruddin. 1999. *Budidaya dan Pengaturan Panen Sayuran Dataran Rendah*, 1999. 142 pp. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Nugroho E. dan Sutrisno, 2008, *Budidaya Ikan & Sayuran dengan Sistem Akua-ponik*. 67 pp. Jakarta: Penebar Swadaya
- Prihantoro H. dan Indriani Y.H. 1995. *Hidroponik Tanaman Buah untuk Hobi dan Bisnis*. 94 pp. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Prasetyo. 2007. *Bertanam Padi Gogo Tanpa Olah Tanah*, 71 pp. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Rahardi F. dkk. 1998. *Agribisnis Tanaman Buah*, 66 pp. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Rukmana R. 1997. *Budidaya Baby Corn*, 50 pp. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Rukmana R. 1999. *Usaha Tani Cabai Hibrida Sistem Mulsa Plastik*, 92 pp. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Sudirman. 2009. *Hemat BBM dengan Air, Panduan Membuat Alat Penghemat BBM*, 78 pp. Bandung: Kawan Pustaka.
- Suhardiyanto H. 2009. *Teknologi Rumah Tanaman untuk Iklim Tropika Basah, Pemodelan dan Pengendalian Lingkungan*, 121 pp. Bogor: IPB Press..
- Suprpto. 1998. *Bertanam Jagung*, 59 pp. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Susilastuti D. 2011. *System Dynamics Pengelolaan Sumberdaya Air Bersih*, 165 pp. Jakarta: Cintya Press.
- Tim Penulis PS. 1999. *Peluang Usaha dan Pembudidayaan Jeruk Siam*. Penebar Swadaya. 100 pp. Jakarta. Jakarta: Penebar Swadaya. 100 pp.
- Tunggal H.S. 2012. *Peraturan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*, 295 pp. Jakarta: Harvarindo.
- Widyastuti Y.E. 1994. *Greenhouse Rumah untuk Tanaman*, 91 pp. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Majalah Trubus Tahun 1998 s/d 2012, Jakarta.

INDEKS

A

Agronet, vi, xv, 70, 71, 75

Agronomi, 5, 7, 75

Air irigasi, ix, xix, 7, 9, 10, 13, 14, 19, 21, 24, 25, 28, 31, 33, 36, 38, 41, 44, 47, 54, 57, 61, 63, 64, 67, 68, 69, 75, 76, 78, 79, 87

Air tanah, ix, 1, 6, 31, 36, 42, 44, 54, 55, 60, 61, 75, 79, 80, 83, 84, 87, 93

Aklimatisasi, xv, 70, 71, 75

B

Bokashi, vi, 25, 26, 68, 75

D

Daya pompa, 9, 19, 20, 21, 76

Debit, 7, 8, 9, 10, 13, 16, 17, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 28, 30, 31, 33, 36, 37, 38, 44, 50, 51, 55, 57, 61, 67, 69, 70, 76, 21

Desalinasi, 1, 76

Drip regulator, 30, 33, 57, 70

E

Electric conductivity, 45, 47

Emitter, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 25, 26, 27, 28, 33, 36, 37, 41, 43, 55, 57, 63, 67, 68, 70, 76, 78, 89, 90

Embung, xi, 3, 76

Energi potensial, 52

Energi kinetik, 51, 52

Evaporasi, 17, 33, 57, 70, 76, 78

F

Faktor tanaman, 23, 59, 77

Flow regulator, 21

G

Greenhouse, vi, xii, xiii, xiv, xv, 14, 22, 23, 24, 25, 26, 30, 31, 33, 35, 36, 37, 45, 47, 67, 68, 69, 70, 74

H

Hidrologi, 4, 6, 77, 89

Hidroponik, xiii, vi, 45, 46, 73, 76, 77, 90, 95

I

Infiltrasi, 77, 80, 82

Inovatif, 73, 78, 88, 91, 98

Intensitas cahaya matahari, 22, 23

Interval irigasi, 19, 28, 36, 57, 61, 63, 67

Irigasi sistem tetes, v, vi, xii, xiii, xiv, ix, 17, 27, 29, 31, 35, 37, 38, 39, 69

Irigasi sistem *sprinkler*, 8, 9, 12, 13, 33, 78
Irigasi sistem kendi, vi, xiii, 41, 42, 43, 45

K

Kalender tanam, ix, 23, 36, 43, 58, 59, 60
Katup solenoid, 36

L

Laju deplesi, 44, 61, 79
Listrik arus dc, 55, 57, 58

M

Modulus irigasi, ix, 9, 10, 13, 24, 27, 30, 44, 57, 58, 59, 67, 68
Manajemen air, vi, xvii, xix, 43, 49, 73, 89, 92, 101

N

Nozel sprinkler, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 33

P

Palawija, 45, 80
Penutup mulsa plastik perak hitam, 30, 33, 57, 70
Perkolasi,
Perubahan momentum (impuls), 52
Pipa pvc, xi, 14, 15, 18, 80
Pipa lateral, xii, xiv, 21, 30, 31, 33, 57, 70
Pipa header ,
Pumpshaft, 24, 28
Pupuk anorganik, 68, 81

Pupuk organik, 26, 68
Pola tanam, 23, 36, 43, 57, 58, 59, 81
Polybag, xii, 22, 25, 26, 27, 36, 59, 67, 68, 69, 81
Polyetilen, 81
Pompa hidram, iv, xiv, 7, 52, 53, 54, 81, 87, 90, 91, 92, 93
Presipitasi, 1, 82

R

Run-off, 17, 78, 82

S

Sprayer, v, xii, 13, 14, 15, 16, 82
Stres air, 25, 82
Sumur bor pantek, 31, 57, 69

T

Tabung mariote, vi, xiii, xiv, 7, 18, 41, 44, 45, 46, 47, 48, 90
Tanah/lahan marginal,
Tanaman hortikultura, v, 8, 19, 35, 36, 37, 54, 55, 65, 73, 74, 90, 91, 92
Teknik kultur jaringan, 70
Teknologi, i, iii, xix, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 17, 18, 23, 49, 55, 68, 73, 74, 84, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 95
Tekstur tanah, 7, 8, 19, 26, 31, 84
Tensiometer, 35, 36, 37, 38, 84, 90
Topographi, 9, 21, 43, 57, 59, 84, 85
Tram, ix, 61, 62

SEKILAS TENTANG PENULIS

R. Ismu Tribowo, Lahir pada tanggal 29 Agustus 1960 di Bogor, Provinsi Jawa Barat. Pada tahun 1984 menyelesaikan pendidikan S1 Jurusan Mekanisasi Pertanian pada Fakultas Teknologi Pangan dan Mekanisasi Pertanian di Institut Pertanian Bogor dan pada tahun 1989 menyelesaikan pendidikan *Master of Science in Soil and Water Management, Wageningen Agriculture University, Wageningen, The Netherland*. Saat ini bekerja sebagai Staf Peneliti di Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia yang berlokasi di Subang, Jawa Barat. Sejak tahun 2004 menempati Jabatan fungsional sebagai Ahli Peneliti Utama/Peneliti Utama IVE di Bidang Ilmu Tanah dan Air.

Pernah menjadi Koordinator dan Anggota Tim kegiatan pengembangan wilayah/peningkatan kemampuan teknologi di beberapa daerah, seperti Wamena, Kabupaten Jayawijaya, Irian Jaya, Teluk Yotefa, Kabupaten Jayapura, Irian Jaya, Bebalang, Kabupaten Sangir Talaud, Provinsi Sulawesi Utara, Kabupaten Kutai, Provinsi Kalimantan Timur, Kabupaten Mentawai, Provinsi Sumatera Barat, Kabupaten Sumedang & Indramayu, Provinsi Jawa Barat, Kaliurang, Provinsi Jawa Tengah, Kabupaten Dompu, Provinsi Nusa Tenggara Barat, Bergen, Provinsi Sumatera Selatan, dan Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara.

Sebagai koordinator dan anggota Tim Kelompok Peneliti bidang Manajemen Air dan Tanah. Selain itu, juga sebagai tenaga pengajar

pelajaran teknologi tepat guna, khususnya masalah air dan yang terkait diantaranya di Pusbangter/Instruktur AKABRI, PEMDA Tk. II Kabupaten Kutai, Kalimantan Timur, dan LATSITARDA NUSANTARA XXXI TNI.

Pengembangan dan Implementasi

TEKNOLOGI IRIGASI HEMAT AIR

Sebagai negara agraris, sektor pertanian dan perkebunan menjadi salah satu sektor yang sangat vital di Indonesia. Oleh karena itu, manajemen air dan sistem pengairan untuk kepentingan agraris harus mendapat perhatian yang lebih mengingat pasokan air yang seringkali mengalami defisit dan kelangkaan. Inovasi teknologi dan efisiensi sistem irigasi menjadi ujung tombak keberhasilan industri pertanian dan perkebunan di Indonesia.

Buku Pengembangan dan Implementasi Teknologi Irigasi Hemat Air berisi kumpulan riset, inovasi, dan pengembangan berbagai jenis teknologi irigasi yang efisien dan hemat air. Beragam teknologi dan sistem irigasi dijelaskan cara kerja dan implemetasinya, mulai dari teknologi sprinkler hingga kincir air. Uniknya, sebagian besar dari perangkat keras yang dibahas dalam buku ini merupakan karya orisinal hasil reverse engineering dari berbagai peralatan irigasi eks impor.

Buku ini memiliki informasi yang sangat bermanfaat bagi praktisi bidang agraris dalam mengimplentasikan teknologi irigasi yang efisien dan hemat air. Selain itu, buku ini juga dapat menjadi acuan bagi peneliti di bidang sejenis dalam usaha melakukan inovasi teknologi dan pengembangan teknologi irigasi lebih lanjut.



Buku Obor

Distributor:

Yayasan Obor Indonesia
Jl. Plaju No.10 Jakarta 10230
Telp. (021) 319 26978, 3920114
Faks. (021) 319 24488
E-mail: yayasan_obor@cbn.net.id

ISBN 978-979-799-797-7



9 789797 997977