

Chusnul Arif | Budi Indra Setiawan | Ardiansyah
Riani Muharomah | Hilda Agustina

A background image showing the Microsoft Excel interface, including the ribbon with tabs like 'Home', 'Insert', 'Formulas', and 'Data', and a grid of cells below. The title text is overlaid on this interface.

IRIGASI EVAPORATIF DAN EVAPOTRANSPIRATIF: Teori dan Aplikasinya

Dilengkapi dengan pemrograman Visual Basic
dalam MS. Excel dan Python



IRIGASI EVAPORATIF DAN EVAPOTRANSPIRATIF:

Teori dan Aplikasinya

Dilengkapi dengan pemrograman Visual Basic
dalam MS. Excel dan Python



IRIGASI EVAPORATIF DAN EVAPOTRANSPIRATIF: Teori dan Aplikasinya

Dilengkapi dengan pemrograman Visual Basic
dalam MS. Excel dan Python



Chusnul Arif | Budi Indra Setiawan | Ardiansyah
Riani Muharomah | Hilda Agustina

07 JUL 2023



Penerbit IPB Press
Jalan Taman Kencana No. 3,
Kota Bogor - Indonesia

C.01/12.2022

Judul Buku:

Irigasi Evaporatif dan Evapotranspiratif: Teori dan Aplikasinya
Dilengkapi dengan pemrograman Visual Basic dalam MS. Excel dan Python

Penulis:

Chusnul Arif
Budi Indra Setiawan
Ardiansyah
Riani Muharomah
Hilda Agustina

Korektor:

Tania Panandita

Desain Sampul & Penata Isi:

Makhtub Khoirul Fahmi

Jumlah Halaman:

150 + 18 hal romawi

Edisi/Cetakan:

Cetakan 1, Desember 2022

Tahun Terbit Elektronik:

2022

PT Penerbit IPB Press

Anggota IKAPI
Jalan Taman Kencana No. 3, Bogor 16128
Telp. 0251 - 8355 158 E-mail: ipbpress@apps.ipb.ac.id
www.ipbpress.com

ISBN : 978-623-467-520-7

eISBN : 978-623-467-521-4

Dicetak oleh Percetakan IPB, Bogor - Indonesia
Isi di Luar Tanggung Jawab Percetakan

© 2022, HAK CIPTA DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG
Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku
tanpa izin tertulis dari penerbit

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah SWT, atas karunia-Nya penulisan buku ini dapat diselesaikan dengan baik. Buku ini merupakan tulisan dari tim penulis yang pada rentang waktu 2019–2022 melakukan penelitian tentang Irigasi Evaporatif maupun Irigasi Evapotranspiratif. Teknologi Irigasi ini merupakan ide baru dalam penerapan irigasi dengan konsep yang sederhana, di mana budidaya tanaman (baik tanaman pangan maupun sayuran) diberikan irigasi dengan jumlah sesuai dengan nilai evapotranspirasi aktualnya. Caranya dengan menjaga tinggi muka air pada ketinggian tertentu, sehingga air yang hilang karena evapotranspirasi akan terkompensasi dengan tetapnya tinggi muka air.

Buku ini menyajikan pentingnya irigasi diberikan secara efektif dan efisien dengan irigasi evaporatif maupun evapotranspiratif sebagai solusinya. Kemudian konsep dasar dan model model baik evaporasi maupun evapotranspirasi disajikan termasuk bagaimana menentukannya dengan pemrograman Komputer khususnya Visual Basic dalam MS Excel dan Python. Cara pengukuran lapang terhadap besarnya evaporasi dan evapotranspirasi juga disajikan berikutnya. Di bagian akhir ini, disajikan aplikasi teknologi ini untuk budidaya tanaman pangan khususnya padi dan tanaman sayuran dalam skala kecil yang tepat untuk *urban farming*. Hasil dari penelitian tentang topik ini telah dipublikasikan baik dalam jurnal internasional maupun nasional, di mana beberapa bagian dari publikasi tersebut disajikan dalam buku ini.

Konsep dan Teknologi Irigasi Evaporatif dan Evapotranspiratif ini terus dikembangkan dan disempurnakan. Masukan dari Pembaca tentu akan menambah semangat bagi penulis untuk terus melakukan riset dan aplikasi dari teknologi ini.

Bogor, November 2022

Tim Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
I. Pendahuluan.....	1
II. Konsep dan Pengembangan Model.....	5
III. Model - Model Evaporasi.....	9
3.1 Definisi Evaporasi.....	9
3.2 Model – Model Evaporasi.....	11
3.2.1 Model Penman.....	11
3.2.2 Model Shuttleworth.....	14
3.2.3 Model Priestley and Taylor.....	15
3.2.4 Model Bruin and Keijman.....	15
3.2.5 Model Valiantzas.....	15
3.3 Contoh Perhitungan dan Pemrograman Model Evaporasi.....	16
IV. Model – Model Evapotranspirasi.....	17
4.1 Pengertian evapotranspirasi.....	17
4.2 Model-model Evapotraspirasi Potensial (<i>ETp</i>).....	18
4.2.1 Model Blaney-Criddle.....	19
4.2.2 Model Linacre.....	20
4.2.3 Model Kharrufa.....	21
4.2.4 Model Remanenko.....	21

4.2.5	Model Hargreaves	22
4.2.6	Model Makkink	24
4.2.7	Model Turc.....	26
4.2.8	Model Jensen-Haise.....	27
4.2.9	Model Penman.....	29
4.2.10	Model Penman-Monteith.....	31
4.3	Program Komputer Perhitungan Nilai <i>ETp</i>	33
V.	Pengukuran Evaporasi dan Evapotranspirasi.....	35
5.1	Pengukuran Evaporasi	35
5.2	Pengukuran Evapotranspirasi.....	36
5.3	Pengukuran Parameter Cuaca	37
VI.	Kajian Teoritis Irigasi Evaporatif pada Petak Tersier	41
6.1	Urgensi Konsep Irigasi Evaporatif untuk Lahan Sawah	41
6.2	Dasar Teori Konsep Irigasi Evaporatif.....	43
6.3	Analisis Konsep Irigasi Evaporatif pada Lahan Sawah	45
6.4	Hasil Simulasi	49
6.5	Penutup.....	51
VII.	Aplikasi Model Irigasi Evaporatif dan Evapotranspiratif.....	53
7.1	Padi Sawah SRI	53
7.1.1	Pengantar	53
7.1.2	Desain Experimen	53
7.1.3	Pengukuran Lapang.....	55
7.1.4	Analisis Data	56
7.1.5	Hasil Uji coba Irigasi Evapotranspiratif	58
7.1.6	Pembahasan.....	71
7.1.7	Penutup.....	75

7.2 Padi Sawah Salibu	75
7.2.1 Pendahuluan	75
7.2.2 Diskusi.....	77
7.2.3 Desain Sistem Irigasi Evapotranspiratif.....	78
7.2.4 Kehilangan <i>Head</i>	82
7.2.5 Nilai EC (<i>Electrical of Conductivity</i>).....	84
7.2.6 Sistem budidaya padi SRI-Salibu	86
7.2.7 Penutup.....	87
7.3 Sayuran Daun	88
7.3.1 Pengantar	88
7.3.2 Model dan Aplikasi Irigasi Evapotranspiratif untuk Tanaman Sayur dan Hortikultura.....	92
7.3.3 Kinerja Irigasi Evapotranspiratif yang Diuji dengan Sayuran Daun	98
7.3.4 Penutup.....	103
IX. Penutup.....	105
REFERENSI.....	107
LAMPIRAN	125
PROFIL PENULIS.....	147

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Sistem irigasi tergenang (a) dan berselang (b)	2
Gambar 2. Tampilan program untuk menghitung ETp beberapa model.....	34
Gambar 3. Panci evaporasi kelas A (Allen <i>et al.</i> , 1998).....	35
Gambar 4. a) Cup Counter Anemometer 0.5 m, b) termometer apung (sumber: BMKG Sumsel).....	36
Gambar 5. Salah satu tipe lysimeter untuk pengukuran ETa	37
Gambar 6. Davis weather station: a) sensor-sensor, b) console/logger dan software.....	38
Gambar 7. Mekanisme buka-tutup katup pada <i>evaporative irrigation</i>	45
Gambar 8. Ilustrasi lateral flow	47
Gambar 9. Kondisi muka air pipa kontroler dan muka air petakan.....	48
Gambar 10. komponen kesetimbangan air pada petakan dengan <i>evaporative irrigation</i>	49
Gambar 11. Penentuan h_{open} dan h_{close} dari dinamika h_{con} dan h_{plot}	50
Gambar 12. Miniatur padi sawah yang dilengkapi dengan kran otomatis.....	54
Gambar 13. Kalibrasi sensor tinggi muka air dengan <i>e-Tape</i> : a) Sistem irigasi <i>CFI</i> , b) Sistem irigasi <i>MFI</i> , dan c) Sistem irigasi <i>WSI</i>	56
Gambar 14. Suhu udara, kelembapan relatif, dan fluktuasi kecepatan angin selama musim tanam.....	59
Gambar 15. Radiasi matahari dan fluktuasi evapotranspirasi potensial selama musim tanam.....	60

Gambar 16. Korelasi linier antara dua parameter cuaca: a) suhu udara vs kelembapan relatif; b) suhu udara vs radiasi matahari.....	60	G
Gambar 17. Korelasi linear antara evapotranspirasi potensial (<i>ETp</i>) dan parameter cuaca: a) <i>ETp</i> vs <i>Rs</i> , b) <i>ETp</i> vs suhu udara, c) <i>ETp</i> vs <i>RH</i> , d) <i>ETp</i> vs <i>u</i>	61	G
Gambar 18. Kondisi aktual tinggi muka air: a) sistem irigasi CFI-1; b) irigasi CFI-2	63	Ga
Gambar 19. Kondisi aktual tinggi muka air: a) irigasi MFI-1; b) irigasi MFI-2	64	Ga
Gambar 20. Kondisi tinggi muka air aktual: a) Irigasi WSI-1; b) Irigasi WSI-2	65	Ga
Gambar 21. Pertumbuhan tanaman antar sistem irigasi	68	Gai
Gambar 22. Jumlah anakan antar sistem irigasi	68	Gai
Gambar 23. Pengumpulan gulma setelah pemanenan: a) Irigasi CFI; b) Irigasi MFI; c) Irigasi WSI.....	70	Gar
Gambar 24. Panjang akar per rumpun secara acak: a) CFI; b) MFI; c) WSI	70	Gar
Gambar 25. Desain sistem irigasi evapotranspiratif pada budidaya Padi SRI-Salibu (Agustina <i>et al.</i> , 2022)	79	Gan
Gambar 26. Desain bak/pot set yang berfungsi untuk mengendalikan air irigasi pada sistem irigasi evapotranspiratif	79	Gam
Gambar 27. Desain bak/pot pengendali(set) tinggi level muka air sistem irigasi evapotranspiratif	80	Gam
Gambar 28. Desain sistem irigasi evapotranspiratif (bak/pot set yang berfungsi sebagai sistem irigasi, pemasangan sistem ini dibuat tertutup dan merupakan sistem dengan prinsip bejana berhubungan, pipa drainase yang di atur agar tinggi muka air pada sistem irigasi evapotranspiratif seragam).....	81	Gaml

Gambar 29. Hasil pengamatan dan perhitungan pengujian sistem irigasi evapotranspiratif <i>water balance</i> (ΣR , jumlah curah hujan, (ΣR_o , jumlah limpasan harian), (ΣI , jumlah infiltrasi harian), (ΣQ_i , total debit air irigasi yang masuk sistem irigasi), dan <i>ETc</i> (evapotranspirasi tanaman).....	81
Gambar 30. Fluktuasi tinggi muka air pada bak pengatur tinggi air dan pada masing-masing pot.....	83
Gambar 31. Grafik hasil pengamatan nilai EC selama pengujian sistem evapotranspirasi pada budidaya Padi SRI-Salibu.....	85
Gambar 32. Hasil Produksi tanaman padi varietas IPB 3 S budidaya SRI-Salibu pada sistem Evapotranspirasi	87
Gambar 33. Salah satu rancangan pot irigasi evapotranspiratif.....	93
Gambar 34. Prototype sistem irigasi evapotranspiratif bawah permukaan.....	94
Gambar 35. Rancangan fertigator otomatis nirdaya	96
Gambar 36. Fertigator otomatis nirdaya yang dipasang di atap Madrasah Al-Manshur, Jl. Burujul II, Kota Tasikmalaya.....	97
Gambar 37. Fertigator otomatis nirdaya yang dipasang di halaman Bidan Suyatmi, Jl. Burujul II, Kota Tasikmalaya; (a) pantauan CCTV pada tanggal 3 Agustus 2022; (b) pantauan CCTV pada tanggal 6 September 2022.....	97
Gambar 38. Skema sistem irigasi evapotranspiratif untuk tanaman sayuran	98
Gambar 39. Hujan (R), irigasi (Q), drainase (D) dan evapotranspirasi tanaman (ETc).....	100
Gambar 40. Tinggi muka Air (h), <i>water content</i> (θ), dan koefisien tanaman (Kc).....	101

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Perbandingan beberapa model evapotranspirasi.....	18
Tabel 2.	Konversi beberapa unit satuan radiasi matahari.....	19
Tabel 3.	Konversi beberapa unit satuan radiasi matahari.....	39
Tabel 4.	Nilai awal (<i>initial value</i>) muka air petakan dan pipa kontroler ..	48
Tabel 5.	Performansi irigasi evapotranspiratif pada masing-masing sistem irigasi	66
Tabel 6.	Komponen keseimbangan air pada masing-masing sistem irigasi	66
Tabel 7.	Produktivitas lahan dan air serta efisien penggunaan air pada masing-masing sistem irigasi	69

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Contoh perhitungan evaporasi.....	126
Lampiran 2. Contoh bahasa pemrograman Model Evaporasi dengan Visual Basic pada MS Excel	127
Lampiran 3. Nilai koefisien tanaman (K_c) yang dapat digunakan	132
Lampiran 4. Nilai p pada masing-masing garis lintang.....	133
Lampiran 5. List program komputer untuk menghitung ET_p	134
Lampiran 6. List kode program python untuk simulasi irigasi evaporatif pada lahan sawah (Bab 6)	141

7.1.7 Penutup

Irigasi evapotranspiratif memiliki prospek yang cukup baik untuk diterapkan karena sederhana dan mudah diaplikasikan. Dari uji coba yang dilakukan, performansi sistem irigasi ini dapat diterapkan untuk berbagai sistem irigasi, dengan beberapa catatan. Sistem dapat bekerja dengan baik dengan indikator rendahnya RMSE antara 1.17–1.57 cm. Namun kendala dalam meningkatkan performansi ini adalah tingginya curah hujan pada waktu eksperimen, sehingga perlu pengaturan sistem drainase yang lebih baik. Dari ketiga sistem irigasi, *continuous flooding irrigation* (CFI), *moderate flooding irrigation* (MFI), *water saving irrigation* (WSI), sistem irigasi WSI mampu meningkatkan produktivitas air dan indeks efisiensi penggunaan air dengan menggunakan lebih sedikit air irigasi, tetapi tetap menjaga produktivitas lahan. Sistem irigasi WSI mampu meningkatkan 14.5% produktivitas air dan juga indeks efisiensi penggunaan air sebesar 34–52%.

7.2 Padi Sawah Salibu

7.2.1 Pendahuluan

Menurut Adam (2014) kegiatan-kegiatan pencapaian swasembada pangan adalah sebagai berikut ; (1) meningkatkan luas lahan budidaya dan diperlukan teknologi terbaru, (2) peningkatan kegiatan panen dan kegiatan pascapanen, (3) perbaikan infrastruktur, (4) peningkatan dan efektivitas anggaran yang dialokasikan bagi kegiatan pertanian, (5) kekuatan dan dukungan kelembagaan.

Peningkatan produksi dan produktivitas air lahan pada bidang budidaya tanaman terutama tanaman padi merupakan isu global di seluruh dunia. Peningkatan produksi akan memberikan dampak positif pada kesejahteraan petani. Peningkatan produktivitas air lahan yang meningkat juga akan memberikan dampak positif pada kegiatan budidaya tanaman agar produksi lahan semakin meningkat. Untuk meningkatkan produksi dan produktivitas air lahan diperlukan manajemen yang baik terutama manajemen air, lahan, agronomi dan penjadwalan waktu tanam yang tepat. Untuk mencapai kondisi ini diperlukan modifikasi teknologi pada manajemen air, aplikasi

teknologi budidaya dan manajemen kegiatan produksi dalam penyediaan pangan terutama padi di Indonesia, dan memperluas lahan produksi. Untuk menambah luas produksi, dengan kondisi lahan pertanian yang semakin sedikit, sasaran perluasan lahan pertanian yaitu pada lahan kering dan marginal yang tingkat kesuburan tanahnya rendah. Pada lahan marginal dan lahan kering yang tingkat kesuburan nya rendah dan kurang air menyebabkan petani tidak optimal dalam kegiatan budidaya tanaman terutama tanaman padi. Hasil panen rata-rata pada lahan kering dan sub optimal sangat rendah (hasil laporan badan pangan, sehingga lahan ini sering ditelantarkan oleh petani. Kekurangan air pada lahan kering dengan tingkat kesuburan yang rendah menyebabkan hasil panen gabah kering giling padi gogo hanya sekitar 3,3 ton/ha/tahun (Kementerian Pertanian 2020). Untuk mendapatkan hasil produksi yang meningkat dengan produktivitas air yang meningkat diperlukan sistem yang tepat untuk mendukung kegiatan budidaya tanaman terutama tanaman padi. Keberhasilan dalam peningkatan produksi dan produktivitas air sangat diperlukan desain sistem yang mendukung kegiatan budidaya di lahan kering.

Tanaman padi merupakan tanaman yang membutuhkan air lebih banyak dibandingkan tanaman budidaya lainnya. Menurut teknologi manajemen air pada sistem irigasi drainase akan menentukan produktivitas lahan dan produktivitas air. Teknologi budidaya padi yang hemat air adalah metode budidaya SRI yang sudah dikenalkan ke Indonesia dari tahun 2008. Teknologi budidaya padi SRI telah terbukti merupakan teknologi budidaya padi yang hemat air sejak tahun 2008 (Anas and Uphoff 2009).

Perkembangan teknologi budidaya padi yang dapat mendukung peningkatan produksi adalah teknologi budidaya Salibu. Teknologi budidaya padi yang dapat menghasilkan berkali-kali panen adalah budidaya padi Salibu yang telah diaplikasikan di Tanah Datar Provinsi Sumatera Barat (Fitri *et al.* 2019). Teknologi budidaya Salibu dapat meningkatkan produksi padi sampai dengan 4 kali panen dengan hanya menanam satu kali pada lahan sawah.

Teknologi budidaya inovasi dengan penggabungan dua metode budidaya padi SRI dan Salibu dan sistem manajemen air irigasi dan drainase akan meningkatkan produksi padi dan sekaligus dapat meningkatkan produktivitas air. Teknologi ini bertujuan bukan hanya meningkatkan produksi pada lahan sawah juga dapat diaplikasikan pada lahan-lahan kering dan marginal

7.2.2 Diskusi

Desain sistem irigasi evapotranspirasi merupakan manajemen dengan aliran bawah permukaan pada budidaya padi SRI-Salibu. Sistem Evapotranspirasi merupakan desain sistem manajemen air yang cerdas (hemat air, otomatis, tepat waktu, sasaran, tepat volume air), fleksibel (dapat diaplikasikan pada lahan sempit) dan dapat mendukung kegiatan budidaya padi SRI-Salibu. Desain ini telah dirintis sejak tahun 2018, dan didapatkan desain sistem manajemen air pada tahun 2019 dan diuji pada budidaya padi SRI-Salibu sampai tahun 2021 (Agustina *et al.* 2022). Pengujian dilakukan untuk mendesain sistem irigasi yang cerdas (hemat air, otomatis, tepat waktu, sasaran, tepat volume) dalam menyediakan air bagi tanaman budidaya padi SRI dan Salibu. Sistem ini bertujuan untuk menyediakan air bagi pertumbuhan tanaman terutama padi SRI-Salibu. Pengujian sistem akan menentukan kedalaman air pada sistem irigasi untuk budidaya padi SRI dan Salibu. Hasil pengujian memberikan nilai koefisien tanaman padi SRI dan Salibu dengan sistem irigasi evapotranspirasi. Hasil pengujian sistem manajemen ini memberikan nilai produksi panen dan produktivitas air pada kegiatan budidaya padi SRI dan Salibu dengan irigasi evapotranspirasi aliran bawah permukaan tanah.

Salibu merupakan sistem budidaya padi padi yang memotong batang padi pada saat umur 1 minggu setelah panen. Beda sistem budidaya padi Salibu dengan budidaya padi ratun adalah adanya kegiatan pemotongan kembali batang padi setelah pemotongan panen padi. Kegiatan pemotongan batang untuk budidaya salibu sebelumnya adalah setinggi 3 cm dan pemotongan dilakukan setelah 7-10 hari setelah panen (Pasaribu 2016). Pengujian sebelumnya budidaya padi Salibu adalah dengan memotong sisa batang padi setelah panen 3 - 5 cm menunjukkan terjadinya penurunan produksi. Tinggi pemotongan sisa batang padi panen akan memengaruhi jumlah gabah per malai dan jumlah malai per rumpun padi (Nuzul *et al.* 2018).

Setelah dilakukan pengujian pada tanaman IPB 3S didapatkan bahwa budidaya Salibu mendapatkan hasil SRI-Salibu pada pemotongan 1–3 cm segera setelah dilakukan panen (Agustina *et al.* 2022). Selain itu juga bahwa pemotongan dilakukan tidak seluruh barang padi dipangkas karena dapat menurunkan produksi padi pada musim tanam ke dua.

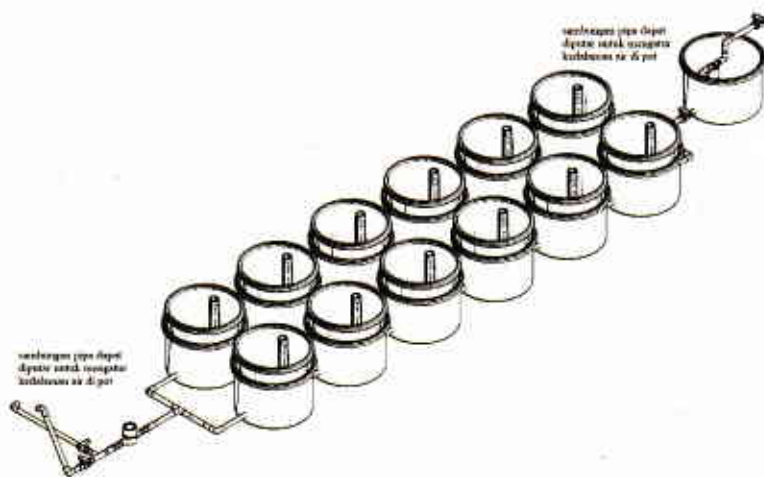
Manajemen air pada sistem irigasi budidaya tanaman padi dapat mendukung budidaya tanaman padi SRI-Salibu. Sistem irigasi evapotranspirasi sangat mendukung budidaya pada SRI-Salibu yang telah diuji dengan mendapatkan desain sistem irigasi evapotranspirasi untuk budidaya tanaman padi Salibu seperti pada Gambar 25 (Agustina *et al.* 2022). Sistem evapotranspirasi bekerja otomatis terutama pada saat mengatur debit dan waktu irigasi agar cukup jumlah dan waktu irigasi bagi pertumbuhan tanaman padi SRI-Salibu.

Sistem evapotranspirasi ini memberikan air irigasi tepat jumlah dan waktu irigasi sesuai dengan kehilangan air akibat proses evapotranspirasi pada budidaya tanaman padi SRI-Salibu.

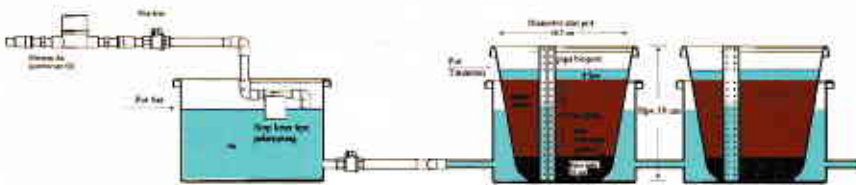
7.2.3 Desain Sistem Irigasi Evapotranspiratif

Sistem Irigasi pada Gambar 25 tidak hanya menyediakan sistem irigasi yang bekerja secara otomatis, sistem ini juga memberikan fungsi drainase yang bekerja otomatis menjaga ketersediaan air pada sistem irigasi otomatis evapotranspirasi. Sistem irigasi evapotranspiratif yang diaplikasikan pada budidaya padi SRI-Salibu terdiri atas sumber air, sistem pengendali tinggi muka air, pot tanaman dan bak pot yang didesain sedemikian rupa agar air tersedia bagi tanaman di media tanam. Pot set dan pipa drainase merupakan Sistem pengendali tinggi muka air di sistem evapotranspirasi. Sistem evapotranspirasi ini akan bekerja secara otomatis agar tinggi air di dalam bak pot tanaman tetap dan menjaga kadar air media tanam dalam pot tanaman selalu tersedia bagi tanaman padi SRI-Salibu. Setiap air jumlah yang hilang pada masing-masing pot karena proses evapotranspirasi tanaman padi SRI-Salibu akan selalu masuk kembali pada masing-masing pot per satuan waktu. Energi penggerak pada sistem evapotranspirasi adalah energi potensial. Sumber air diatur agar potensialnya lebih tinggi dibandingkan dengan bak pengatur tinggi air di sistem pengendali level muka air. Sistem pengendali

tinggi muka air terdiri atas bak irigasi pengatur tinggi muka air, pipa drainase yang diatur sesuai dengan level muka air (kadar air fase tanaman padi). Level muka air bak dan pipa drainase diatur sedemikian rupa agar tinggi level muka air di setiap pot tanaman memberikan kondisi kadar air optimal sesuai dengan fase pertumbuhan tanaman padi SRI-Salibu. Agar sirkulasi air (irigasi dan drainase) bekerja optimal, sistem ini di desain dengan barisan bak air yang dihubungkan secara seri dan paralel pada ujung-ujung pipa penghubung bak air untuk menjaga kesetimbangan level muka air. Masing-masing ujung tadi baru disambungkan pada bak pengendali level muka air dan satunya pipa drainase. Pot tanaman yang telah didesain sedemikian rupa baru dimasukkan pada bak yang telah siap sirkulasi irigasi dan drainase nya.

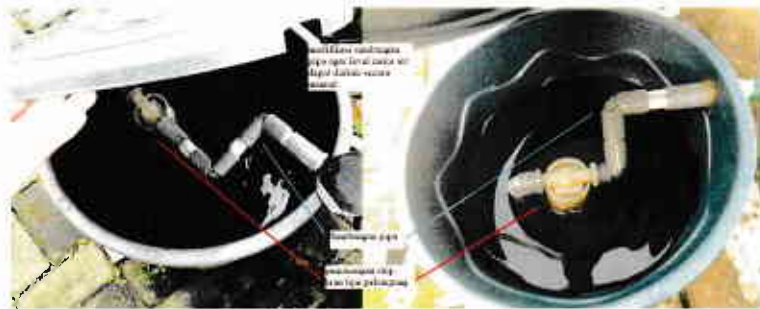


Gambar 25. Desain sistem irigasi evapotranspiratif pada budidaya padi SRI-Salibu (Agustina *et al.* 2022)



Gambar 26. Desain bak/pot set yang berfungsi untuk mengendalikan air irigasi pada sistem irigasi evapotranspiratif

Desain bak/pot set merupakan pengendali air masuk (irigasi), dihubungkan dengan barisan sistem pot (bak air pot dan pot tanaman). Sistem irigasi evapotranspiratif didesain sedemikian rupa dan prinsip desain manajemen air prinsip bekerja merupakan bejana berhubungan sehingga level muka air pada bak/pot set akan sama dengan sistem pot. Air yang hilang pada keseluruhan pot akan langsung diisi oleh air yang berasal dari bak/pot pengendali muka air. Di bak/pot pengendali(set) dipasang stop kran yang akan bekerja otomatis (mengalirkan dan menghentikan aliran). Apabila terjadi penurunan air di bak/pot set akibat air mengalir ke sistem pot, maka *stop* kran akan terbuka, sedangkan apabila air telah mencapai tinggi level muka air (sesuai fase pertumbuhan tanaman), stop kran akan berhenti mengalirkan air dari sumber air utama. Pot/Bak pengendali level muka air pada sistem evapotranspiratif dapat dilihat pada Gambar 28.



Gambar 27. Desain bak/pot pengendali(set) tinggi level muka air sistem irigasi evapotranspiratif

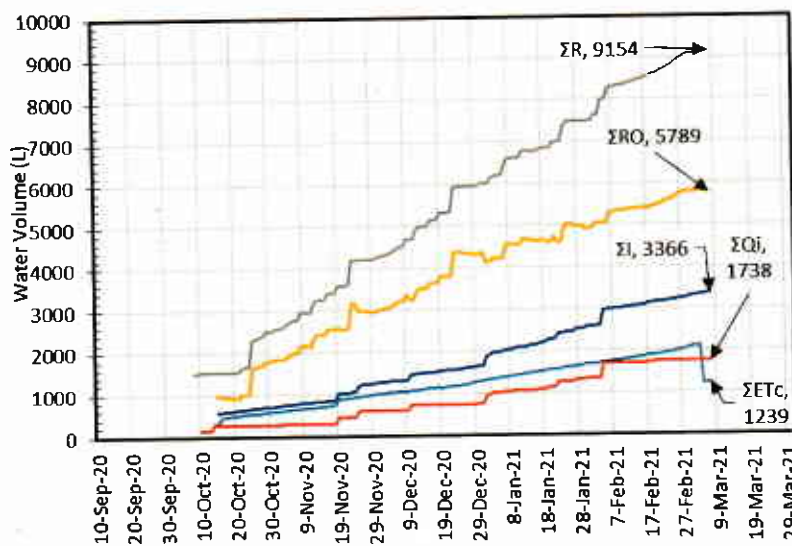
Pengaruh stop kran pada bak/pot set(pengendali) sangat tinggi pada pengendalian/manajemen air irigasi. Kehilangan air akibat proses evapotranspirasi pada masing-masing sistem pot akan menyebabkan muka air pada masing-masing pot turun. Penurunan level muka air sistem pot akan menyebabkan perbedaan potensial (kehilangan tekanan pada masing-masing pot).

Pada Gambar 26 terdapat meteran air agar dapat mengukur jumlah air per satuan waktu (bagi kepentingan penelitian). Desain utama sistem evapotranspirasi adalah yang dibatasi garis putus-putus (Gambar 26 dan Gambar 28).



Gambar 28. Desain sistem irigasi evapotranspiratif (bak/pot set yang berfungsi sebagai sistem irigasi, pemasangan sistem ini dibuat tertutup dan merupakan sistem dengan prinsip bejana berhubungan, pipa drainase yang di atur agar tinggi muka air pada sistem irigasi evapotranspiratif seragam)

Desain sistem irigasi evapotranspirasi ini otomatis karena dapat mendukung kegiatan budidaya padi SRI-Salibu. Sistem ini memberikan sirkulasi air yang bekerja secara otomatis dengan tinggi muka air yang sama pada masing-masing pot tanaman. Hasil perhitungan dan pengujian sistem evapotranspirasi pada budidaya tanaman padi SRI-Salibu dapat dilihat pada Gambar 29.



Gambar 29. Hasil pengamatan dan perhitungan pengujian sistem irigasi evapotranspiratif *water balance* (ΣR , jumlah curah hujan, ΣR_o , jumlah limpasan harian), (ΣI , jumlah infiltrasi harian), (ΣQ_i , total debit air irigasi yang masuk sistem irigasi), dan ET_c (evapotranspirasi tanaman)

Total jumlah air maksimum pada semua pot selama pengujian 149 HST sebesar 101 liter, minimum 84,14 liter dan rata-rata 94,5 liter pada semua pot tanaman di dalam sistem irigasi Evapotranspiratif.

Pengujian sistem evapotranspirasi budidaya padi SRI-Salibu di lahan terbuka ini akan langsung mendrainasekan air hujan yang berlebih dari sistem, sehingga air yang berlebih (R_o) akan langsung mengalir keluar dari sistem ini. Kelebihan air yang berasal dari hujan langsung dibuang. Sistem ini tidak dapat memanfaatkan air hujan kecuali air hujan berlebih yang keluar dari sistem melalui pipa drainase langsung dipanen. Sistem evapotranspirasi ini lebih efisien pada lingkungan yang jarang kejadian hujan (curah hujan rendah), sumber air hanya berasal dari irigasi. Sistem ini akan lebih optimal pada lahan yang sedikit sekali menerima hujan. Manajemen air sistem evapotranspirasi lebih optimal dan efisien diaplikasikan pada budidaya tanaman di lahan kering (curah hujan sedikit), karena irigasi pada sistem ini sangat efisien dan efektif bekerja otomatis. Bahkan lahan dengan tipe kering dapat diaplikasikan sistem evapotranspirasi yang sangat mendukung budidaya Padi yang lebih banyak penggunaan air nya dibandingkan tanaman lainnya. Sistem evapotranspirasi lebih hemat air, lebih tepat jumlah, waktu irigasi bagi pertumbuhan tanaman budidaya terutama tanaman padi SRI-Salibu.

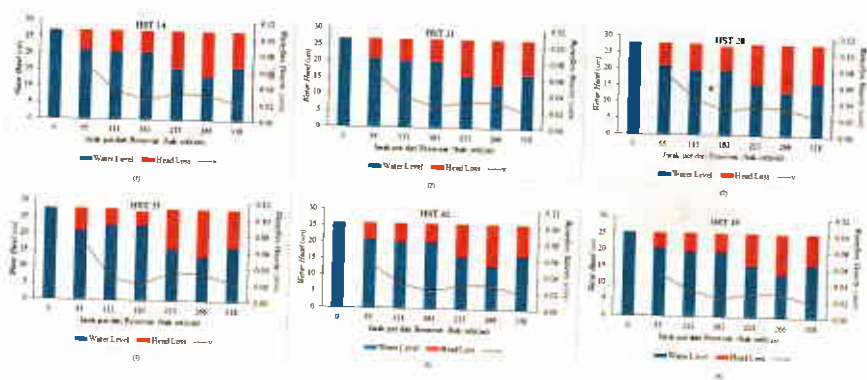
7.2.4 Kehilangan *Head*

Persamaan untuk menentukan kehilangan *head* sistem evapotranspirasi pada masing-masing pot dapat dilihat pada persamaan berikut ini :

$$v_i = \left(\frac{2D^2g}{64\nu} \right) \frac{\Delta H_i}{L_i} \quad 88$$

Di mana variabel D merupakan diameter pipa penghubung bak pot (cm), g merupakan percepatan gravitasi (cm^2/s). Variabel L_i merupakan panjang pipa penghubung antara bak-bak pot (cm). Dengan memasukkan nilai ν untuk fluida air, temperatur 30°C adalah $80.1 \text{ cm}^2/\text{s}$, didapatkan perhitungan untuk nilai kehilangan *head* pada masing-masing pot tanaman. Hasil pengamatan kehilangan *head* pada sistem irigasi evapotranspiratif dapat dilihat pada Gambar 30.

VII Aplikasi Model Irigasi Evaporatif dan Evapotranspiratif



Gambar 30. Fluktuasi tinggi muka air pada bak pengatur tinggi air dan pada masing-masing pot

Hasil pengujian pada Gambar 30 menunjukkan bahwa sistem irigasi evapotranspiratif dapat menyediakan air dengan level muka air yang bervariasi. Variasi ini disebabkan oleh kehilangan tekanan pada masing-masing pot. Sistem evapotranspiratif yang didesain untuk tanaman padi terdiri atas 2 baris yang dipasang paralel. Sementara baris 1 disusun secara seri antar pot dalam baris paralel tadi.

Pengaturan jarak antar baris pot dapat dilihat pada keterangan di bawah ini :

1. Baris a mempunyai jarak antar pot sebagai berikut; seri baris I masing-masing
 - a. pot 1a adalah berjarak 55 cm dari bak *control*/pengendali/set,
 - b. pot 2a berjarak 111 cm dari bak *control*/pengendali/set,
 - c. pot 3a berjarak 163 cm dari bak *control*/pengendali/set,
 - d. pot 4a berjarak 213 cm dari bak *control*/pengendali/set,
 - e. pot 5a berjarak 266 cm dari bak *control*/pengendali/set,
 - f. pot 6a berjarak 318 cm dari bak *control*/pengendali/set).

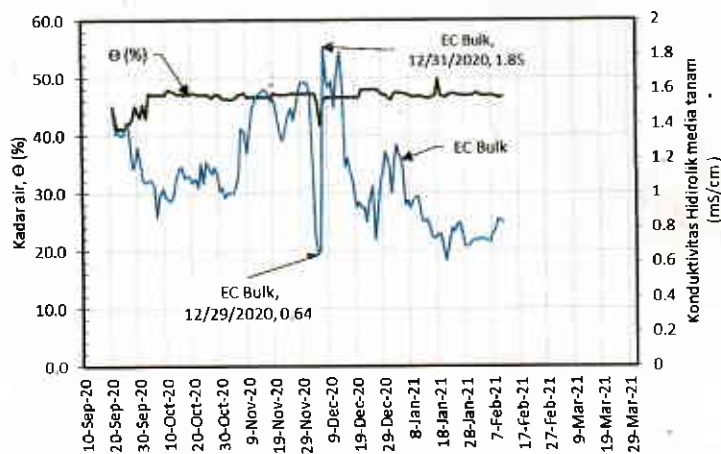
2. Pada baris b, jarak antar pot adalah sebagai berikut ; rangkaian seri baris 2 masing-masing pot adalah
 - a. pot 1b = 52 cm dari bak *controll*/pengendali/set (0 cm),
 - b. pot 2b berjarak 105,5 cm dari bak *controll*/pengendali/set,
 - c. pot 3b berjarak 159 cm dari bak *controll*/pengendali/set,
 - d. pot 4b berjarak 212 cm dari bak *controll*/pengendali/set,
 - e. pot 5b berjarak 262 cm dari bak *controll*/pengendali/set,
 - f. pot 6b berjarak 312,5 cm dari bak *controll*/pengendali/set).

Kehilangan tekanan ini dipengaruhi oleh sistem irigasi Evapotranspiratif yang dipasang secara seri dan sifat fisika tanah pada media tanam. Hambatan yang terjadi akan semakin besar apabila sistem dipasang secara seri. Jarak sumber dengan masing-masing pot yang dipasang secara seri akan menunjukkan nilai kehilangan tekanan yang berbeda-beda tergantung jarak sumber headnya. Kecepatan aliran dari pot sebesar 0 dari bak set jika sudah mencapai kondisi setimbang pada semua pot baik di baris 1 maupun baris kedua. Kehilangan tekanan ini dapat dikurangi dengan memasang sistem pipa drainase pada bagian ujung dari sistem sehingga pot yang paling ujung akan mendapatkan peningkatan tekanan. Pengaturan sistem irigasi evapotranspiratif didapatkan bahwa kehilangan tekanan masih bisa diatasi dengan pengaturan paling banyak barisan pot pada sistem adalah 6 baris. Jika lebih dari itu, diperlukan tambahan tekanan agar tidak terjadi penurunan level muka air pada pot setelah baris ke-6.

Kecepatan aliran pada masing-masing pot bervariasi sesuai dengan nilai kehilangan head pada masing-masing pot. Pada saat tercapai kesetimbangan energi pada semua pot, maka tidak terjadi aliran.

7.2.5 Nilai EC (*Electrical of Conductivity*)

Nilai EC menunjukkan daya hantar listrik air pada media tanam, ini menunjukkan bahwa adanya larutan garam yang menyebabkan kondisi media tanam asam. Sistem irigasi evapotranspiratif pada budidaya padi menghasilkan nilai EC pada Gambar 31.



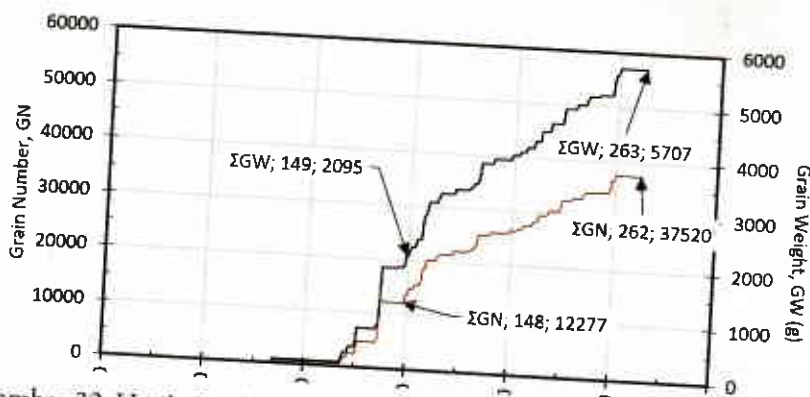
Gambar 31. Grafik hasil pengamatan nilai EC selama pengujian sistem evapotranspirasi pada budidaya Padi SRI-Salibu

Grafik pada Gambar 31 menunjukkan bahwa Nilai EC akan bervariasi menurut variasi kadar air pada media tanam. Kadar air yang meningkat pada media tanam menunjukkan bahwa level muka air air (yang dikontrol pada bak set) akan menurunkan nilai EC selama pengujian. Hubungan kadar air dengan nilai EC menunjukkan hubungan yang berlawanan. Ini menunjukkan bahwa kadar garam-garaman akan terbentuk pada masing-masing pot. Pembentukan kadar garam-garaman pada pot akan menyebabkan media tanam meningkat kadar asamnya. Peningkatan kadar asam pada media tanam akan berdampak negatif pada pertumbuhan tanaman yang dibudidayakan. Hasil pengamatan nilai EC pada saat pengujian sistem irigasi evapotranspiratif pada budidaya padi SRI-Salibu menunjukkan nilai berkisar antara 0.69 sampai dengan 1.85 mS/cm pada kedalaman 10 cm di bawah permukaan tanah. Kisaran nilai EC ini masih di dalam batas yang ditolerir pada budidaya padi SRI-Salibu varietas IPB 3S (nilai rata-rata EC pada kedalaman 10 cm masih bernilai antara 0 sampai dengan 2 mS/cm). Untuk mengatasi ini diperlukan proses leaching pada sistem evapotranspirasi. Jadwal *leaching* dilakukan pada umur 75 hari setelah tanam (musim tanam 1), kemudian dilakukan secara regular tiap maksimum 40 hari setelah panen.

7.2.6 Sistem budidaya padi SRI-Salibu

Budidaya padi yang diaplikasikan pada sistem irigasi evapotranspiratif menggunakan metode pemotongan yang berbeda dibandingkan metode Salibu sebelumnya (yang telah dikembangkan di Tanah Datar Sumatera Barat (Fitri *et al.* 2019; Pasaribu 2016; Pasaribu *et al.* 2018). Pada budidaya aplikasi di sini, pemotongan dilakukan segera pada saat panen dan tidak dilakukan secara serentak (panen hanya dilakukan pada batang padi yang bulir pada malainya telah matang sempurna di atas 75 %). Pematangan bulir ini menunjukkan bahwa calon anakan yang baru telah tumbuh di ruas batang dekat permukaan tanah.) ($h < 2$ cm dari permukaan tanah). Acuan pemotongan batang padi untuk metode salibu harus berada di bawah ruas batang yang paling dekat dengan permukaan tanah. Hal ini bertujuan agar anakan padi yang tumbuh berasal dari pangkal batang (daerah perakaran), bukan anakan yang tumbuh dari ruas batang. Anakan yang tumbuh dari dasar tunggul tanaman akan sama dengan indukan yang disemai pertama. Hal ini akan memberikan kondisi batang pada anakan baru lebih kuat (tidak mudah rebah dan patah, ini terjadi pada tanaman ratun). Pemotongan sisa batang panen segera setelah panen dilakukan, hal ini bertujuan agar tidak terjadi perebutan unsur hara antara sisa batang panen dan anakan, juga untuk menghindari pembusukan pada sisa batang panen yang akan berpengaruh pada pertumbuhan anakan yang baru. Panen tidak dilakukan sekaligus agar mendapatkan hasil panen optimal pada budidaya tanaman padi SRI-Salibu, juga membantu dalam memicu pertumbuhan anakan lebih optimal (tidak memutus proses asimilasi). Kesalahan metode pemotongan batang secara serentak yang telah dilakukan pada aplikasi Salibu selama ini, akan menyebabkan penurunan produksi bahkan kematian batang indukan. Aplikasi metode budidaya Salibu selama ini sangat berpengaruh pada penurunan produksi tanaman padi SRI-Salibu. Tinggi pemotongan (h pemotongan batang < 2 cm dari permukaan tanah). Hal ini bertujuan agar anakan padi yang tumbuh berasal dari pangkal batang (daerah perakaran), bukan anakan yang tumbuh dari ruas batang. Anakan yang tumbuh dari dasar tunggul tanaman akan sama dengan indukan yang disemai pertama. Anakan yang baru, akan memberikan batang yang tidak mudah patah dan rebah (hal ini terjadi pada tanaman ratun). Pemotongan

batang segera setelah panen bertujuan agar tidak terjadi perebutan nutrisi yang akan memengaruhi pertumbuhan optimal pada tanaman padi SRI-Salibu. Hasil pengamatan terhadap produksi pada SRI-Salibu dapat dilihat pada Gambar 32.



Gambar 32. Hasil Produksi tanaman padi varietas IPB 3 S budidaya SRI-Salibu pada sistem evapotranspirasi

Pada grafik menunjukkan bahwa produksi padi SRI-Salibu dapat mencapai 5,7 ton/ha/tahun. Hal ini dapat mendukung peningkatan produksi padi terutama pada lahan marginal dan kering.

7.2.7 Penutup

Sistem irigasi evapotranspiratif aliran bawah permukaan dengan prinsip Bejana Berhubungan dan Darcy (sistem irigasi evapotranspiratif) dapat di aplikasikan pada budidaya tanaman Padi SRI-Salibu. Sistem irigasi Evapotranspiratif mempunyai kinerja yang cerdas dan efektif (setting ketersediaan air bagi sistem dapat di atur), otomatis, tepat waktu, tepat sasaran, tepat volume air. Sistem irigasi ini dapat menjadi prototipe sistem irigasi yang hemat air, dan dapat disebut sebagai *plant factory* juga *portable* dan dapat diaplikasikan dilokasi yang kecil. Sistem irigasi evapotranspiratif dapat mendukung budidaya padi yang SRI-Salibu dengan nilai koefisien tanaman padi SRI berkisar antara 0,5 tidak sampai dengan 1,464 dengan rata-rata adalah 1,020 (standar deviasi 0,091). Dengan sistem irigasi evapotranspiratif menghasilkan produktivitas air sebesar 1,21

gr/liter. Hasil produksi panen sebesar 4,7 ton/ha (hanya musim tanam SRI (149 HST) dan dapat mencapai 5,7 ton/ha (panen sampai dengan Salibu (263 HST)).

7.3 Sayuran Daun

7.3.1 Pengantar

Perubahan iklim telah menyebabkan sumber daya air menjadi semakin tidak menentu baik dalam ruang dan waktu yang pada gilirannya memengaruhi ketersediaan air irigasi. Oleh karena itu, peningkatan efisiensi air irigasi menarik lebih banyak perhatian. Pertanian presisi dengan irigasi cerdas merupakan upaya penting untuk memenuhi kebutuhan air yang sebenarnya oleh tanaman.

Pemenuhan kebutuhan air tanaman yang tidak terukur dan presisi dapat menyebabkan terbuangnya air secara percuma. Pengelolaan air berdasarkan kebutuhan air tanaman merupakan kebutuhan pokok dalam irigasi, yang dapat dideteksi dengan perhitungan evapotranspirasi tanaman (ET) yang akurat (Bezerra *et al.* 2015; de Oliveira *et al.* 2009; Er-Raki *et al.* 2007; Li *et al.* 2008; X. Liu *et al.* 2020). Kuantifikasi evapotranspirasi merupakan aspek yang sangat penting dari desain irigasi dan manajemen air yang optimal (Zirebwa *et al.* 2014). Penyediaan irigasi untuk tanaman yang sesuai dengan jumlah evapotranspirasi tanaman atau hilangnya air oleh tanaman sangat penting untuk meningkatkan produktivitas air. Menurut (M.S.M. Amin *et al.* 2011) pemberian air yang tepat di tempat yang tepat, pada waktu yang tepat dan dalam jumlah yang tepat atau pengelolaan zona spesifik lokasi dapat mendukung pertanian presisi.

Berbagai teknologi irigasi telah banyak diterapkan di Indonesia. Salah satu sistem irigasi yang relatif baru adalah irigasi evaporatif. Irigasi evaporatif merupakan konsep pengendalian air irigasi yang didasarkan pada respon tanaman yang diwakili oleh laju evaporasi dan evapotranspirasi (Ardiansyah *et al.*, 2019b). Evapotranspirasi referensi (ET_0) merupakan faktor utama dalam menentukan kebutuhan air tanaman dalam irigasi evaporatif (C Arif *et al.*

Profil Penulis



Chusnul Arif, dilahirkan di pada tanggal 6 Desember 1980 di Bojonegoro, Jawa Timur. Menempuh Pendidikan Sarjana di Institut Pertanian Bogor pada Jurusan Teknik Pertanian, lulus tahun 2003. Program Magister diselesaikan pada tahun 2008 pada Jurusan Ilmu Ketechnikan Pertanian di kampus yang sama dengan program Beasiswa Magister dari Pemerintah Indonesia. Pada tahun 2010-2013 menyelesaikan program Doktor di The University of Tokyo, Jepang dengan beasiswa dari Pemerintah Indonesia. Sejak tahun 2008 sampai sekarang aktif sebagai pengajar di Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan IPB dengan fokus penelitian dibidang Tata Kelola Air dan Lingkungan yang ramah lingkungan.

Penulis telah menerbitkan beberapa tulisan baik jurnal internasional, nasional maupun prosiding baik sebagai penulis utama maupun co-author. Selain itu beberapa buku yang telah ditulis antara lain Pedoman Awal Aplikasi SRI (*System of Rice Intensification*) di Lapangan (IPB Press), Sistem Irigasi Hemat Air SRI (*System of Rice Intensification*) oleh LPPM IPB sebagai bahan ajar untuk program Dosen Mengabdikan dan Aplikasi Kecerdasan Buatan dalam Bidang Pengelolaan Air dan Lingkungan (IPB Press). Selain itu, penulis juga berkontribusi pada penulisan Buku berjudul "*Climate Smart Agriculture for the Small-Scale Farmers in the Asian and Pasific Region*" yang diterbitkan oleh *National Agriculture and Food Research Organization (NARO)*, Jepang dengan book chapter berjudul "*System of Rice Intensification: an Alternative Mitigation Strategy to Greenhouse Gas Emissions from Paddy Fields in Indonesia*" pada tahun 2019. Bersama kolega di Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, penulis juga berkontribusi dalam menulis book chapter berjudul "*Environmental Assessment in Collaboration with Local Residents*" dengan judul buku "*Sustainable Water Management New Perspectives, Design, and Practices*" yang diterbitkan oleh Springer tahun 2016.



Budi Indra Setiawan, Lahir di Tasikmalaya, Indonesia pada tanggal 28 Juni 1960. Bekerja di IPB University sejak tahun 1985. Spesialisasi dalam Fisika Tanah, Hidrologi, Irigasi, dan Drainase. Menyelesaikan sarjana Teknik Pertanian (1983) dari IPB University; Master (1990) dan Doktor (1993) dalam Ilmu Keteknikan Pertanian dari The University ofTokyo. Menjabat Kepala Divisi Teknik Sumber Daya Air, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan sejak tahun 2008. Menjabat sebagai Tenaga Ahli Menteri Pertanian, Bidang Infrastruktur Pertanian (2015-2019). Menjadi anggota lebih dari 10 perkumpulan ilmiah dan asosiasi profesi, antara lain sebagai Editor Jurnal Internasional *Paddy and Water Environment* sejak tahun 2003; Commission Member of Land and Water Engineering Technical Section of the International Commission of Agricultural Engineering (2007-2017); Commission Member for the International Peat Society since 2010. Co-founder of the Indonesian Network of the System of Rice Intensification (2008); Founder dari Study Club on Irrigation and Drainage (SCID) pada tahun 2020. Menerima lebih dari 20 pengakuan termasuk 5 paten, Dosen berprestasi tingkat nasional (2007), Penghargaan PII award (2008), dan Penghargaan Internasional dari PAWEES (2010). Melibatkan lebih dari 20 kolaborasi penelitian. Mempublikasikan sekitar 120 makalah dalam jurnal ilmiah dan 200 makalah dalam prosiding. Membimbing lebih dari 170 mahasiswa sarjana dan pascasarjana. Minat penelitian di bidang irigasi, drainase, pemanenan air hujan, dan pengelolaan sumber daya air.



Ardiansyah, dilahirkan di pada tanggal 22 Januari 1979 di Palembang, Sumatera Selatan. Menempuh Pendidikan Sarjana di Institut Pertanian Bogor pada Jurusan Teknik Pertanian, lulus tahun 2000. Program Magister diselesaikan pada tahun 2004 pada Jurusan Ilmu Keteknikan Pertanian di kampus yang sama. Pada tahun 2005-2008 menyelesaikan program Doktor di The University of Tokyo, Jepang dengan beasiswa dari Pemerintah Jepang. Sejak tahun 2005 sampai sekarang aktif sebagai pengajar di Program Studi Teknik Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman (UNSOED) sebagai anggota Laboratorium

Teknik Pengelolaan dan Pengendalian Bio-Lingkungan.

Penulis telah menerbitkan beberapa tulisan baik jurnal internasional, nasional maupun prosiding baik sebagai penulis utama maupun co-author. Selain itu beberapa buku yang telah ditulis antara lain “Teknik Instrumentasi dan Sistem Kendali untuk Pertanian Modern” (Buku Ajar-Unsoed Press), dan “Permodelan Sistem Pertanian” (Buku Ajar-Unsoed Press). Selain itu, penulis juga berkontribusi pada penulisan buku berjudul “Kebutuhan Air Tanaman : Teknik Pengukuran secara Langsung” (Buku Teknologi Tepat Guna-Unsoed Press), dan “*System of Rice Intensification (SRI) : dari Produsen ke Konsumen*” (Buku Monograf-Unsoed Press).



Riani Muharomah, dilahirkan pada tanggal 25 Juni 1993 di Palembang, Sumatera Selatan. Menempuh Pendidikan Sarjana di Universitas Sriwijaya pada Jurusan Teknik Sipil dan lulus pada tahun 2014. Pada tahun 2015 mendapatkan Beasiswa Program Magister Menuju Doktor untuk Sarjana Unggul (PMDSU) *Batch* II dari Kemenristekdikti untuk menempuh pendidikan Magister dan Doktor di Institut Pertanian Bogor. Program Magister pada Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan diselesaikan pada tahun 2017 dan Program Doktor pada Program Studi Ilmu Keteknikan Pertanian diselesaikan pada tahun 2021. Sejak tahun 2020 sampai sekarang aktif sebagai akademisi di Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Sriwijaya, dengan fokus penelitian di bidang irigasi dan drainase, hidrologi, dan teknik sumber daya air.

Penulis telah menerbitkan beberapa tulisan baik jurnal internasional, nasional maupun prosiding baik sebagai penulis utama maupun *co-author*. Beberapa artikel ilmiah yang telah terbit antara lain Konsumsi dan Kebutuhan Air Selada Pada Teknik Hidroponik Sistem Terapung pada Jurnal Irigasi tahun 2017, *Temporal Crop Coefficients and Water Productivity of Lettuce (Lactuca sativa L.) Hydroponics in Planthouse* yang terbit pada CIGR Journal tahun 2020, dan *Model of evapotranspirative subsurface irrigation tested with water lettuce* yang terbit pada IOP Conference Series: Earth and Environmental Science pada tahun 2021. Bersama promotornya di Institut Pertanian Bogor, penulis juga menjadi inventor paten yang telah diproses pendaftarannya dengan judul

paten Teknologi Irigasi Evapotranspiratif Bawah Permukaan untuk Budidaya Sayuran dalam Pot pada tahun 2021, dan Fertigator Otomatis Nirdaya untuk Budidaya Sayuran pada tahun 2022.



Hilda Agustina, dilahirkan pada tanggal 23 Agustus 1977 di Palembang, Sumatera Selatan. Menempuh Pendidikan Sarjana di Universitas Sriwijaya pada Jurusan Teknologi Pertanian, lulus tahun 2000. Program Magister diselesaikan pada tahun 2008 pada Jurusan Ilmu Keteknikan Pertanian di kampus Institut Pertanian Bogor dengan beasiswa BPPDN. Pada tahun 2021 menyelesaikan program Doktor di Institut Pertanian Bogor, dengan beasiswa dari BPPDN. Sejak tahun 2002 sampai sekarang aktif sebagai pengajar di Program Studi Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya (UNSRI) sebagai anggota Laboratorium Teknik Tanah dan Air.

Penulis telah menerbitkan beberapa tulisan baik jurnal internasional, nasional maupun prosiding baik sebagai penulis utama maupun co-author. SRI (*Rice Intensification System*) water management of rice productivity (H Agustina, BI Setiawan, M Solahuddin) di IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 542 (1), 012051. Development of laboratory scale model of field automatic water control system with sheetpipe technology di IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 871 (1), 012041, 2021. Subsurface Evapotranspiration Irrigation System Design in System of Rice Intensification (SRI) Salibu Paddy Cultivation di Asian Journal of Applied Sciences.

IRIGASI EVAPORATIF DAN EVAPOTRANSPIRATIF:

Teori dan Aplikasinya

Dilengkapi dengan pemrograman Visual Basic
dalam MS. Excel dan Python



PT Penerbit IPB Press

Jalan Taman Kencana No. 3, Bogor 16128

Telp. 0251-8355 158 E-mail: ipbpress@apps.ipb.ac.id



Penerbit IPB Press



ipbpress.official



ipbpress.com

Teknik Lingkungan

ISBN : 978-623-467-520-7



9 786234 675207 >