



EVALUASI KOEFISIEN TANAMAN PADI PADA BERBAGAI PERLAKUAN MUKA AIR

NUR AINI ISWATI HASANAH



**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2015**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis berjudul Evaluasi Koefisien Tanaman Padi Pada Berbagai Perlakuan Muka Air adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Oktober 2015

Nur Aini Iswati Hasanah
NIM F451130171

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



RINGKASAN

NUR AINI ISWATI HASANAH. Evaluasi Koefisien Tanaman Padi Pada Berbagai Perlakuan Muka Air. Dibimbing oleh BUDI INDRA SETIAWAN, CHUSNUL ARIF, dan SLAMET WIDODO.

Padi merupakan komoditas pertanian utama di Indonesia yang membutuhkan air dalam jumlah banyak saat pembudidayaannya. Prediksi yang akurat dari jumlah penggunaan air tanaman diperlukan untuk sistem irigasi yang efisien. Evapotranspirasi aktual (ET_c) adalah nilai penting yang digunakan untuk memprediksi jumlah air irigasi. Koefisien tanaman (K_c) harus diketahui terlebih dahulu untuk menghitung ET_c tersebut.

Penelitian ini telah dilakukan untuk memperkirakan K_c padi di dalam pot dengan berbagai perlakuan muka air pada 2 Juli - 23 Oktober 2014. Tujuan penelitian ini antara lain: (1) menganalisis pengaruh perlakuan muka air di budidaya padi pada fluktuasi nilai parameter fisik tanah, khususnya kelembaban tanah (Θ) dan temperatur tanah (T_{soil}); (2) mendeskripsikan trend nilai K_c pada keseluruhan fase tanam padi di lokasi yang sama dengan berbagai variasi perlakuan muka air; dan (3) menunjukkan bahwa metode neraca air modifikasi dapat digunakan untuk menentukan nilai K_c tanaman padi pada lokasi tanam yang sama dengan berbagai variasi perlakuan muka air. Dalam penelitian ini, muka air diatur menggunakan tabung Mariot. Muka air ditetapkan pada -12 cm, -7 cm, -5 cm, -3 cm, 0 cm, dan 2 cm dari permukaan tanah. Dalam penelitian ini, K_c dihitung menggunakan persamaan neraca air modifikasi dan Kalman Filter.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan muka air pada budidaya padi memberikan pengaruh pada fluktuasi nilai parameter Θ dan T_{soil} dimana semakin tinggi muka air yang diterapkan pada budidaya padi, maka semakin tinggi nilai Θ . Oleh karena itu, nilai T_{soil} menjadi semakin rendah. Nilai T_{soil} pada penelitian memenuhi kebutuhan pertumbuhan padi secara optimal, sehingga tanaman tersebut dapat tumbuh dengan baik. Namun, nilai Θ yang jauh berbeda pada seluruh perlakuan memberikan pengaruh pada pertumbuhan tanaman yang ditandai dengan jumlah anakan yang terbentuk. Trend K_c pada keseluruhan tanaman berubah seiring dengan pertumbuhan tanaman yang terjadi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa %kesalahan estimasi pada neraca air adalah sebesar 6.23% - 14.96%. Hal ini mengindikasikan bahwa nilai K_c dapat diestimasi dengan baik menggunakan persamaan neraca air yang dimodifikasi. K_c rata-rata untuk semua perlakuan muka air adalah 0.77-1.27 (*initial season*), 0.90-1.11 (*crop development*), 1.10-1.39 (*mid season*), dan 1.17-1.40 (*late season*).

Kata kunci: evapotransporasi, koefisien tanaman, neraca air, padi



SUMMARY

NUR AINI ISWATI HASANAH. Crop Coefficient Evaluation at Various Water Table Treatments of Paddy. Supervised by BUDI INDRA SETIAWAN, CHUSNUL ARIF, and SLAMET WIDODO.

Paddy is the main agricultural commodity in Indonesia that need a large amount of water for cultivation. Accurate prediction of crop water use is necessary for an efficient irrigation system. The actual evapotranspiration (ET_c) is an important value for predicting the amount of irrigation water. The crop coefficient (K_c) must be known to calculate ET_c .

This research was conducted to estimate K_c of paddy in experimental pots under various water tables treatments on July 2nd – October 23rd, 2014. The objectives of this research were to: (1) analyze the influence of water level treatment in paddy cultivation on the fluctuation of soil physic parameter, especially soil moisture (Θ) and soil temperature (T_{soil}); (2) describe value trend of K_c on the whole phase of paddy cultivation in the same location with various water table treatments; and (3) show that water balance modification method can be used to determine K_c value of paddy in the same cultivation location with various water table treatments. In this experiment, the water table is regulated using mariotte tube. The water tables are set at -12 cm, -7 cm, -5 cm, -3 cm, 0 cm, and +2 cm from the soil surface. In this research, K_c was calculated using modified water balance equation and Kalman Filter.

The result showed that water level treatment in paddy cultivation influences soil moisture (Θ) and soil temperature (T_{soil}) value whereas higher water level that applied to paddy cultivation can cause higher Θ . Therefore, the T_{soil} value will be lower. T_{soil} value in this research has met the need of optimal paddy growth, so that plant could grow well. However, the Θ value that vastly different in the whole treatments give effect on plant growth which is characterized by the number of tillers formed. K_c value trend on the whole plants was changed with time as the plant grew. The results showed that percentage of estimation error on water balance is around 6.23 – 14.96%. It is indicated that K_c value could be well estimated using modification of water balance equation. The average K_c for all water table treatments are 0.77-1.27 (initial season), 0.90-1.11 (crop development), 1.10-1.39 (mid season), and 1.17-1.40 (late season).

Keywords: crop coefficient, evapotranspiration, paddy, water balance



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2015 Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

EVALUASI KOEFISIEN TANAMAN PADI PADA BERBAGAI PERLAKUAN MUKA AIR

NUR AINI ISWATI HASANAH

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains
pada
Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan

**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2015**





@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Penguji Luar Komisi pada Ujian Tesis: Dr. Ir. Roh Santoso Budi Waspodo, M.T.



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Tesis : Evaluasi Koefisien Tanaman Padi Pada Berbagai Perlakuan Muka Air
Nama : Nur Aini Iswati Hasanah
NIM : F451130171

Disetujui oleh

Komisi Pembimbing

Prof Dr Ir Budi Indra Setiawan, MAgr
Ketua

Dr Chusnul Arif, STP, MSi
Anggota

Dr Slamet Widodo, STP, MSc
Anggota

Diketahui oleh

Ketua Program Studi
Teknik Sipil dan Lingkungan

Dr Satyanto K Saptomo, STP, MSi

Dekan Sekolah Pascasarjana



Dr Dahrul Syah, MScAgr

Tanggal Ujian: 18 SEP 2015

Tanggal Lulus: 02 OCT 2015



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PRAKATA

Puji dan syukur dipanjatkan ke hadapan Tuhan Yang Maha Esa atas karunia yang telah diberikan sehingga tesis yang berjudul Evaluasi Koefisien Tanaman Padi Pada Berbagai Perlakuan Muka Air dapat diselesaikan. Tesis ini dimaksudkan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan.

Naskah tesis ini tidak akan selesai tanpa bimbingan, bantuan, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Budi Indra Setiawan, M.Agr., selaku ketua komisi pembimbing, serta Dr. Chusnul Arif, S.TP, M.Si., dan Dr. Slamet Widodo, S.TP, M.Sc., selaku anggota komisi pembimbing yang telah memberikan masukan selama penelitian berlangsung dan dalam menyusun naskah tesis ini.
2. Dr. Satyanto K Saptomo, S.TP, M.Si., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan Sekolah Pascasarjana IPB yang telah mengarahkan dan memotivasi untuk tetap disiplin selama tesis dan studi.
3. Dr. Rudyanto, S.TP, M.Sc., yang memberikan waktu untuk berdiskusi mengenai suplai irigasi bawah permukaan dengan menggunakan Tabung Marriot.
4. Keluarga penulis yang selalu membimbing, menasehati, dan memberikan dukungan dan doanya sehingga penulis dapat menjalankan penelitian dan menyelesaikan naskah tesis ini.
5. Seluruh karyawan Laboratorium Teknik Sumberdaya Air, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan IPB yang telah memberikan bantuan selama pelaksanaan penelitian.
6. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil dan Lingkungan (Angkatan 2013) dan Ilmu Keteknikan Pertanian (Angkatan 2014) Sekolah Pascasarjana IPB yang selalu memberi semangat serta bantuan saat pelaksanaan penelitian dan penyusunan naskah tesis.
7. Seluruh pihak-pihak pendukung kelancaran dari penelitian dan penyusunan naskah tesis ini.

Tesis ini disusun sesuai dengan ketentuan teknis penyusunan yang ada di Institut Pertanian Bogor. Semoga ide yang disampaikan dalam usulan penelitian ini dapat tersampaikan dengan baik dan memberikan manfaat bagi pihak yang membutuhkan.

Bogor, Oktober 2015

Nur Aini Iswati Hasanah



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	iv
PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Perumusan Masalah	1
Tujuan Penelitian	2
Manfaat Penelitian	2
Ruang Lingkup Penelitian	2
TINJAUAN PUSTAKA	3
Budidaya Padi	3
Tata Air Pertanian Sawah	3
Koefisien Tanaman (K_c)	5
Neraca Air	5
METODE	6
Waktu dan Lokasi Penelitian	6
Alat dan Bahan	6
Prosedur Penelitian	8
HASIL DAN PEMBAHASAN	11
Parameter Fisik Tanah pada Berbagai Perlakuan Muka Air	11
Koefisien Tanaman pada Budidaya Padi dengan Berbagai Perlakuan Muka Air	15
Neraca Air pada Budidaya Padi di Berbagai Perlakuan Muka Air	19
SIMPULAN DAN SARAN	20
Simpulan	20
Saran	20
DAFTAR PUSTAKA	21
LAMPIRAN	24
RIWAYAT HIDUP	30



DAFTAR TABEL

1. Karakteristik tanah	8
2. Nilai K_c rata-rata pada keseluruhan fase di berbagai perlakuan muka air	18
3. Neraca air pada berbagai perlakuan muka air	20

DAFTAR GAMBAR

1. Lokasi penelitian (a) dan kegiatan penanaman padi (b)	7
2. Pot tanam padi yang dilengkapi dengan tabung mariot	7
3. Fluktuasi parameter fisik pada 7-113 HST: Θ (a); T_{soil} (b)	11
4. Hubungan antara muka air tanah yang diterapkan dan Θ yang terjadi	13
5. Hubungan antara muka air tanah yang diterapkan dan T_{soil} yang terjadi	13
6. Parameter pertumbuhan tanaman: Tinggi tanaman (a); Penambahan jumlah anakan pada berbagai perlakuan muka air (b); Jumlah anakan keseluruhan dan anakan produktif saat akhir musim tanam (c)	14
7. Hasil analisis K_c dengan filter kalman	17
8. Fluktuasi nilai K_c harian tanaman padi pada seluruh perlakuan muka air	18
9. Nilai K_c tanaman padi per fase pertumbuhan tanaman pada seluruh perlakuan muka air	18
10. Komponen neraca air: Irigasi (a); Hujan (b); <i>Run Off</i> (c); ET_c (d)	19

DAFTAR LAMPIRAN

1. Kegiatan penelitian	24
2. Data pertumbuhan tanaman: tinggi tanaman	25
3. Data pertumbuhan tanaman: jumlah anakan	26
4. Data pengukuran sensor	27
5. (lanjutan) Data pengukuran sensor	28
6. (lanjutan) Data pengukuran sensor	29

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pengelolaan air yang efisien perlu dilakukan di lahan budidaya padi. Pengetahuan tentang besarnya evapotranspirasi yang terjadi sangat penting untuk pengelolaan air tersebut (Petillo dan Castel 2007). Arif *et al.* (2012a) menyatakan bahwa evapotranspirasi aktual tanaman (ET_c) padi perlu diestimasi karena merupakan sumber kehilangan air utama dari tanaman dan permukaan tanah, serta juga merupakan komponen konsumsi air utama pada budidaya padi.

Prediksi nilai ET_c yang akurat diperlukan untuk mengatur volume dan frekuensi pemberian irigasi sesuai dengan kebutuhan air tanaman. Besar nilai evapotranspirasi tanaman padi tersebut bervariasi tergantung nilai koefisien tanaman (K_c) yang berfluktuasi sesuai dengan tahap pertumbuhan dari tanaman (Sofiyuddin *et al.* 2010). K_c secara umum digunakan untuk memperkirakan nilai ET_c dengan cara digunakan sebagai faktor pengali dari nilai evapotranspirasi potensial (ET_o). K_c tersebut harus diturunkan untuk setiap tanaman secara empiris berdasarkan aktivitas budidaya dan kondisi iklim lokal (Abdullahi *et al.* 2013). Menurut Kar *et al.* (2007), dengan diketahuinya nilai K_c berdasarkan data-data tersebut, maka peningkatan kualitas perencanaan dan efisiensi irigasi pada berbagai lahan budidaya dapat ditingkatkan.

Pengaturan muka air di lahan budidaya merupakan salah satu aktivitas spesifik lokal yang turut mempengaruhi nilai K_c . Penerapan muka air yang berbeda terjadi di lahan budidaya padi petani. Penerapan muka air tersebut sangat terkait dengan ketersediaan air di lahan dan parameter fisik tanah yang dapat mempengaruhi pertumbuhan padi yang ditanam. Menurut Sofiyuddin *et al.* (2010), muka air yang seringkali diterapkan di Indonesia, khususnya di Provinsi Jawa Barat adalah muka air +2 cm di atas permukaan tanah hingga muka air mendekati 10 cm di bawah permukaan tanah dimana fenomena retak rambut mulai terjadi. Atas dasar hal tersebut, maka pada penelitian ini dilakukan evaluasi nilai K_c yang terjadi pada budidaya padi di berbagai penerapan muka air (-12, -7, -5, -3, 0, +2 cm dari permukaan tanah).

Penentuan nilai K_c di penelitian ini menggunakan metode neraca air yang dimodifikasi. Metode tersebut dipilih karena mudah untuk digunakan dalam penentuan berbagai nilai K_c pada lokasi yang sama dengan berbagai variasi penerapan muka air. Menurut Petillo dan Castel (2007), metode neraca air secara umum lebih mudah diterapkan di lapangan daripada metode lain dengan persyaratan data masukan (irigasi, hujan) dan fluktuasi kadar air tanah dimiliki. Dalam hal ini, metode neraca air modifikasi mampu menjadi solusi atas permasalahan pengamatan aliran air di lahan budidaya padi yang sarat dengan kompleksitas serta observasi dan evaluasi di lapangan yang relatif sulit, mahal, dan memakan waktu (Li *et al.* 2014).

Perumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Apakah perlakuan muka air pada budidaya padi memberikan pengaruh pada fluktuasi nilai parameter fisik tanah, khususnya nilai Θ dan T_{soil} ?

2. Bagaimanakah *trend* nilai K_c pada keseluruhan fase tanam padi di lokasi yang sama dengan berbagai variasi perlakuan muka air?
3. Apakah metode neraca air modifikasi dapat digunakan untuk menentukan nilai K_c tanaman padi pada lokasi yang sama dengan berbagai variasi perlakuan muka air?

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Mengetahui pengaruh perlakuan muka air di budidaya padi pada fluktuasi nilai parameter fisik tanah, khususnya nilai Θ dan T_{soil} .
- Mengetahui *trend* nilai K_c pada keseluruhan fase tanam padi di lokasi yang sama dengan berbagai variasi perlakuan muka air.
- Menunjukkan bahwa metode neraca air modifikasi dapat digunakan untuk menentukan nilai K_c tanaman padi pada lokasi yang sama dengan berbagai variasi perlakuan muka air.

Manfaat Penelitian

Manfaat hasil penelitian ini:

1. Bagi petani
Sebagai rujukan dalam mengatur volume dan frekuensi pemberian irigasi sesuai dengan kebutuhan air tanaman.
2. Bagi pemerintah daerah dan pihak terkait
Sebagai masukan dalam mengatur penjadwalan irigasi dan memberikan saran awal musim tanam.
3. Bagi institusi pendidikan
Sebagai bahan pembelajaran mengenai pengaruh perlakuan muka air di budidaya padi pada fluktuasi nilai parameter fisik tanah, trend nilai K_c pada keseluruhan fase tanam padi, serta penggunaan metode neraca air modifikasi untuk menentukan nilai K_c tanaman padi pada lokasi yang sama dengan berbagai variasi perlakuan muka air.
4. Bagi masyarakat ilmiah
Sebagai referensi penelitian terkait.

Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dari penelitian ini:

1. Muka air yang diterapkan pada penelitian ini adalah -12, -7, -5, -3, 0, +2 cm dari permukaan tanah yang merupakan muka air yang seringkali diterapkan di Indonesia, khususnya di Provinsi Jawa Barat.
2. Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium.

TINJAUAN PUSTAKA

Budidaya Padi

Padi merupakan tanaman pangan utama bagi rakyat Indonesia (Purba *et al.* 2012). Menurut Yoshida (1981), usia tanaman padi siap panen adalah 3-6 bulan dari perkecambahan, tergantung pada varietas dan kondisi lingkungan tempat padi tumbuh. Makarim dan Suhartatik (2009) menambahkan bahwa pada durasi waktu tersebut, padi mengalami fase vegetatif (awal pertembuhan sampai pembentukan bakal malai/ primordia), reproduktif (primordia sampai pembungaan), dan pematangan (pembungaan sampai gabah matang).

Budidaya padi dilakukan di sawah yang berupa lahan dengan kemiringan relatif datar (Alarima *et al.* 2013). Tsujimoto *et al.* (2009) menyatakan bahwa budidaya padi di sawah merupakan teknologi dengan biaya irigasi yang murah dan pemakaian airnya pun dapat dikendalikan. Hasil budidaya padi di sawah konvensional adalah sebesar 4 ton/ha (Alarima *et al.* 2013). Menurut Tsujimoto *et al.* (2009), hasil tersebut pun dapat mencapai 9.9 ton/ha ketika diberlakukan metode budidaya *System of Rice Intensification* (SRI).

Tanaman padi umumnya tidak menjadi pilihan tanaman yang dibudidayakan di sawah pada saat musim kemarau. Pada saat musim kemarau, radiasi surya di wilayah tropis lebih tinggi daripada musim hujan akibat tidak adanya mendung dan hujan, serta suhu atmosferik yang lebih rendah. Radiasi surya yang lebih tinggi tersebut mampu berperan menaikkan produktifitas padi hingga lebih dari 60% (Burleson 2000). Namun, produktivitas padi di suatu daerah juga dipengaruhi oleh kondisi neraca air sawah yang tergantung pada variabel curah hujan dan dapat menjadi faktor pembatas pada saat musim kemarau (Goto *et al.* 2008). Hal ini dikarenakan tanaman padi membutuhkan curah hujan optimum sebesar >1.600 mm/tahun yang susah dipenuhi pada saat musim kemarau (BP2TP 2008).

Air merupakan salah satu faktor penentu pertumbuhan bagi tanaman padi. Hal ini dikarenakan air berperan sebagai penyusun utama jaringan yang aktif mengadakan kegiatan fisiologis maupun untuk memelihara turgiditas yang penting dalam pertumbuhan tanaman (Kramer 1963). Menurut Handayani *et al.* (2013), padi dapat bertahan pada kondisi kelebihan air melalui proses adaptasi morfologi. Adaptasi yang dilakukan adalah melalui pembentukan jaringan aerenkim di korteks akar, rimpang, dan batang yang mampu berperan dalam peningkatan aerasi. Lestari (2006) menyatakan bahwa padi juga dapat bertahan pada kondisi kekurangan air dengan mengurangi luas permukaan daun, memperpendek siklus tumbuh, kemampuan menembus lapisan tanah paling dalam, melindungi meristem akar dari kekeringan, dan mengatur bukaan stomata. Pertumbuhan padi yang optimal dalam hal ini akan lebih dapat tercapai apabila air yang tersedia tidak dalam kondisi kelebihan maupun kekurangan.

Tata Air Pertanian Sawah

Tata air di sawah merupakan hal yang penting. Irigasi dan drainase terkendali pada sawah merupakan bagian dari sistem tata air sawah. Salah satu penerapan dari sistem tata air tersebut adalah dengan mengalirkan air ke dalam

dan keluar dari sawah yang merupakan upaya pengendalian muka air di sawah (Saptomo *et al.* 2012).

Penataan air dapat dilakukan melalui pengaturan muka air agar selalu berada dalam kisaran yang leluasa diserap oleh akar tanaman (Talpur *et al.* 2013). Pengaturan tersebut dilakukan melalui sistem irigasi dan drainase sawah. Oleh karena itu, sawah biasanya dikelilingi oleh saluran yang mengatur sistem irigasi dan drainasenya (Alarima *et al.* 2013).

Muka air di sawah tersebut dapat mempengaruhi parameter fisik tanah, oleh karena itu perlu diatur agar dapat memenuhi kondisi optimum bagi pertumbuhan tanaman padi. Parameter fisik tanah tersebut meliputi:

a. Kelembaban tanah (Θ)

Menurut Arif *et al.* (2012b), Θ merupakan parameter yang dapat menunjukkan kondisi ketersediaan air untuk tanaman. nilai Θ merupakan rasio antara volume air dengan volume total sampel tanah (Gajanayake *et al.* 2014).

Faktor yang mempengaruhi tingkat dan variasi Θ adalah ketersediaan dan jumlah masukan air ke lahan, baik melalui curah hujan maupun irigasi, yang dicerminkan oleh nilai muka air yang diterapkan (Gajanayake *et al.* 2014). Variasi nilai Θ yang terjadi dapat mempengaruhi pola evapotranspirasi, limpasan, dan perkolasi di sawah (Arif *et al.* 2012b).

Saptomo *et al.* (2012) menyatakan bahwa pada muka air di sawah irigasi berselang sekitar -10 cm sampai 2 cm, kelembaban tanah selalu berada pada kondisi sebelum *air entry* terjadi. Hal ini berarti kondisi jenuh atau macak-macak dan tidak kekurangan air sudah dapat dicapai dan dapat dimanfaatkan untuk budidaya tanaman secara optimum tanpa harus menggunakan air secara berlebihan.

b. Temperatur tanah (T_{soil})

T_{soil} merupakan parameter termal yang ada di tanah yang dipengaruhi oleh nilai Θ (Nobel dan Geller 1987). Fluktuasi T_{soil} akibat nilai Θ berlangsung sangat kompleks. Menurut Haskell *et al.* (2010), tanah yang lembab dengan nilai Θ yang lebih tinggi mampu mengalirkan panas secara vertikal lebih efisien dibandingkan dengan tanah yang kering. Hal ini berakibat pada perbedaan fluktuasi temperatur harian yang besar pada tanah yang kering.

Padi adalah tanaman tropis dan sub-tropis. Oleh karena itu, T_{soil} merupakan faktor iklim lain yang signifikan mempengaruhi perkembangan, pertumbuhan dan hasil padi. Padi membutuhkan temperatur yang cukup tinggi antara 20-40 °C dengan perkembangan dan pertumbuhan tanaman padi terbaik pada temperatur 30 °C selama siang hari dan 20 °C pada malam hari (Abdullahi *et al.* 2013).

Nilai parameter fisik tanah akibat penerapan tinggi muka air yang berbeda turut mempengaruhi jumlah evapotranspirasi aktual yang terjadi. Evapotranspirasi adalah komponen utama penggerak siklus hidrologi, karena itu menduga laju evaporasi dengan akurat sangat penting untuk pengelolaan sumber daya air dan peningkatan produksi pertanian (Manik *et al.* 2012). Untuk dapat mengetahui jumlah evapotranspirasi aktual tanaman (ET_c) yang terjadi perlu diketahui terlebih dahulu nilai koefisien tanaman (K_c). Nilai K_c tersebut kemudian dikalikan dengan nilai evapotranspirasi potensial (ET_o), yakni laju evapotranspirasi dari permukaan yang luas, rapat ditumbuhi rumput hijau dengan ketinggian yang seragam antara 8-15 cm dan dalam kondisi tidak kekurangan air (Allen *et al.* 1998).

Koefisien Tanaman (K_c)

K_c merupakan parameter penting dalam studi mengenai respon tanaman terhadap penerapan berbagai praktek irigasi (Arif *et al.* 2012a). Nilai K_c sangat diperlukan untuk dapat mengetahui besarnya ET_c . Nilai K_c tersebut umumnya diketahui melalui pengukuran ET_c dengan lisimeter maupun perhitungan dengan metode neraca air dan membandingkannya dengan nilai ET_o yang dapat dihitung dengan berbagai metode (Gao *et al.* 2009).

Allen *et al.* (1998) menyatakan bahwa metode observasi ET_c menggunakan lisimeter untuk mengetahui nilai K_c berdasarkan kondisi iklim lokal perlu digunakan apabila akurasi yang sangat tinggi diperlukan. Namun, metode lisimeter tersebut seringkali dianggap rumit dan membutuhkan banyak waktu sehingga seringkali metode neraca air dipilih walaupun keakuratannya lebih rendah. Menurut Petillo dan Castel (2007), nilai ET_c pada metode neraca air merupakan hasil dari perhitungan. Dalam metode ini, kesalahan estimasi akan terakumulasi pada nilai ET_c .

Nilai K_c pada lokasi yang sama, namun memiliki aktivitas budidaya yang berbeda dapat diestimasi dengan mudah menggunakan metode neraca air modifikasi. Menurut Setiawan *et al.* (2014), hujan merupakan salah satu komponen neraca air. Pada lokasi yang sama, maka nilai hujan juga akan sama. Oleh karena itu, pada metode neraca air modifikasi nilai K_c suatu budidaya dapat diestimasi setelah mengetahui nilai K_c budidaya lainnya dan melakukan pendekatan neraca air dengan meniadakan komponen hujan.

Neraca Air

Neraca air didasarkan pada hukum kekekalan massa dimana setiap perubahan kadar air tanah selama jangka waktu tertentu harus sama dengan perbedaan antara jumlah air yang ditambahkan ke tanah dan jumlah air keluar dari tanah tersebut. Sebuah model neraca air dapat dianggap sebagai sistem persamaan dirancang untuk mewakili beberapa aspek dari siklus hidrologi (Zhang *et al.* 2002).

Masukan air di lahan budidaya padi dapat berasal dari presipitasi dan irigasi, sedangkan keluaran air berupa dapat berupa perkolasi dan *run off*. Oleh karena itu, persamaan neraca airnya mengikuti persamaan berikut (Setiawan *et al.* 2014):

$$\frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{P + Q - K_c \cdot ET_o - RO - P_c}{\Delta Z} \quad (1)$$

Keterangan: $\Delta\theta$ = perubahan kelembaban tanah (m^3/m^3)
 Δt = perubahan waktu (hari)
 ΔZ = kedalaman zona perakaran (mm)
 P = hujan (mm/hari)
 Q = irigasi (mm/hari)
 RO = *run off* (mm/hari)
 K_c = koefisien tanaman
 ET_o = evapotranspirasi potensial (mm/hari)
 P_c = perkolasi (mm/hari)

METODE

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium. Penelitian dilaksanakan di laboratorium Teknik Sumberdaya Air, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan-IPB selama satu musim tanam (Gambar 1a). Penanaman dimulai pada 2 Juli 2014, sedangkan panen dilakukan pada 23 Oktober 2014.

Alat dan Bahan

Alat

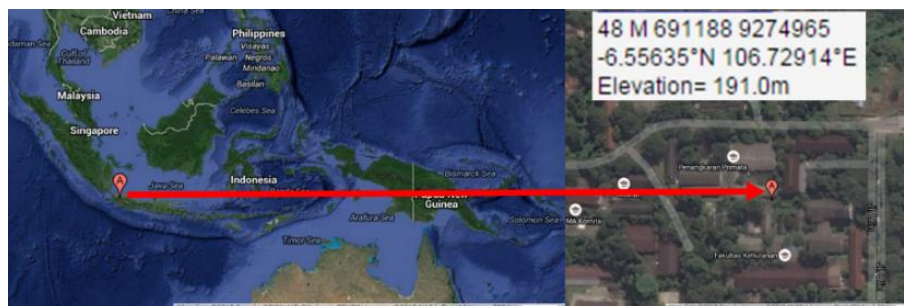
Alat yang digunakan dalam penelitian meliputi:

- Alat untuk proses persiapan benih adalah nampan plastik dengan dimensi 50 cm x 36 cm x 6 cm.
- Alat untuk proses penanaman dan pemeliharaan tanaman adalah pot berbahan fiber (Gambar 2), alat penyangkai tanaman, dan alat penyemprot MOL.
- Alat untuk reservoir air irigasi dan pengendali muka air di pot berupa tabung mariot yang terbuat dari pipa 4".
- Alat untuk uji karakteristik perubahan pertumbuhan tanaman adalah mistar.
- Alat untuk sampling tanah berupa *ring sample* dengan tinggi 5.1 cm dan diameter 5 cm.
- Alat untuk pengukuran Θ dan T_{soil} berupa sensor 5-TE.
- Alat untuk pengukuran temperatur udara berupa sensor EHT.
- Alat untuk pengukuran curah hujan berupa sensor ECRN-50.
- Alat untuk menyimpan hasil pengukuran sensor secara otomatis berupa data logger Decagon.
- Perangkat komputer untuk mengunduh data pengukuran sensor dan analisis data penelitian.

Bahan

- Air.
- Benih padi unggul varietas Ciherang dengan daya tumbuh 90%.
- Media pembenihan berupa kompos dari kotoran hewan.
- Media tanam berupa tanah bertekstur lempung berdebu dengan karakteristik yang tercantum pada Tabel 1. Tanah tersebut kemudian dicampur dengan kompos dan jerami dengan perbandingan tanah:jerami:kompos sebesar 2:1:1
- Pupuk organik berupa MOL pisang dan nasi.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

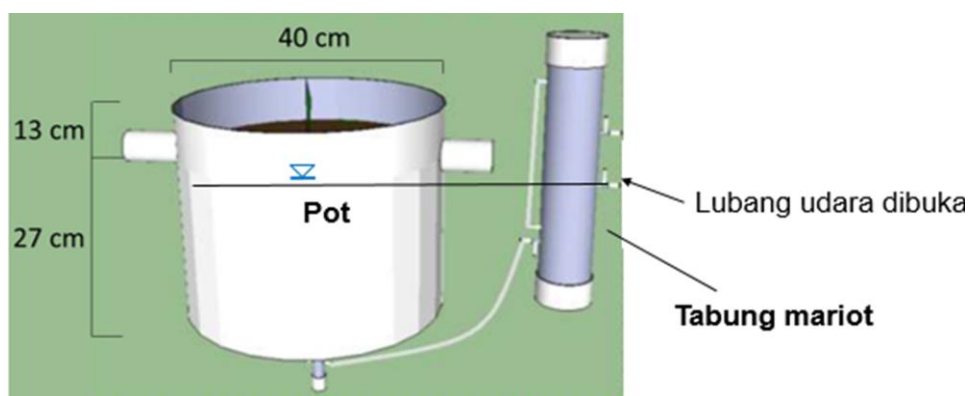


(a)



(b)

Gambar 1 Lokasi penelitian (a) dan kegiatan penanaman padi (b)



Gambar 2 Pot tanam padi yang dilengkapi dengan tabung mariot

Tabel 1 Karakteristik tanah

Parameter	Unit	Besaran
Pasir	%	27.00
Debu	%	62.00
Liat	%	11.00
Bulk Density	g/cc	0.55
Particle Density	g/cc	2.05
Pori Drainase Cepat	% Volume	45.50
Pori Drainase Lambat	% Volume	6.40
Ruang Pori Total	% Volume	73.00
Kadar Air	% Volume	31.40
Air Tersedia	% Volume	7.80
Perkolasi	cm/jam	5.55
Permeabilitas	cm/jam	62.14
Kadar Air pF 1	% Volume	71.00
pF 2	% Volume	27.50
pF2.54	% Volume	21.10
pF 4.2	% Volume	13.30

Prosedur Penelitian

Prosedur pada penelitian ini meliputi:

a. Penanaman padi

Penanaman padi di lokasi penelitian dilakukan di pot dimana masing-masing pot terhubung dengan tabung mariot (Gambar 2). Padi tersebut ditanam tunggal pada usia muda (12 hari setelah semai) mengikuti metode *System of Rice Intensification* (SRI).

b. Ujicoba pengendalian muka air di pot

Keseluruhan pot yang digunakan sebanyak 12 pot dengan 6 tinggi muka air yang berbeda yang dikendalikan secara otomatis, yakni -12, -7, -5, -3, 0, +2 cm dari permukaan tanah. Pengaturan tersebut hanya dilakukan pada 0-40 dan 47-90 hari setelah tanam, sedangkan pada hari lainnya dilakukan pengeringan (irigasi dimatikan).

c. Pengukuran Θ , T_{soil} , temperatur udara, dan curah hujan

Pengukuran tersebut dilakukan menggunakan sensor selama 24 jam setiap 30 menit. Data hasil pengukuran kemudian tersimpan pada data Logger Decagon EM50.

d. Penggunaan model neraca air

Masukan air di pot berasal dari presipitasi dan irigasi, sedangkan keluaran air berupa *run off*. Oleh karena itu, persamaan neraca airnya mengikuti persamaan berikut (Setiawan *et al.* 2014):

$$\frac{\Delta \theta}{\Delta t} = \frac{P + Q - K_c \cdot ET_o - RO}{\Delta Z} \quad (2)$$

Keterangan: $\Delta\theta$ = perubahan kelembaban tanah (m^3/m^3)
 Δt = perubahan waktu (hari)
 ΔZ = kedalaman zona perakaran (mm)
 P = hujan (mm/hari)
 Q = irigasi (mm/hari)
 RO = *run off* (mm/hari)
 K_c = koefisien tanaman
 ET_0 = evapotranspirasi potensial (mm/hari)

Variabel P dan θ didapat dari hasil pengukuran kontinyu di lokasi penelitian menggunakan sensor ECRN-50 dan 5-TE. Nilai Q didapat dengan cara mengukur perubahan ketinggian air di mariot kemudian dilakukan perhitungan berikut:

$$Q = \frac{\Delta h_{\text{airmariot}} \times A_{sm}}{A_{sp}} \quad (3)$$

Keterangan: $\Delta h_{\text{airmariot}}$ = perubahan tinggi muka air mariot (mm)
 A_{sm} = luas permukaan mariot (m^2)
 A_{sp} = luas pot (m^2)

Variabel RO pada neraca air tidak mudah diukur. Oleh karena itu, variabel RO dihitung dengan persamaan neraca air. Untuk nilai ET_0 dihitung berdasarkan data temperatur udara yang terukur secara kontinyu oleh sensor suhu dan kelembaban udara di lokasi penelitian. Perhitungan tersebut mengikuti model Hargreaves berikut (Allen *et al.* 2006):

$$ET_0 = 0.000938 R_a (T_{maks} - T_{min})^{1/2} (T_{rata-rata} + 17.8) \quad (4)$$

Keterangan: R_a = radiasi ekstraterestrial ($\text{MJ m}^{-2} \text{h}^{-1}$)
 T_{maks} = suhu harian maksimum ($^{\circ}\text{C}$)
 T_{min} = suhu harian minimum ($^{\circ}\text{C}$)
 $T_{rata-rata}$ = suhu harian rata-rata ($^{\circ}\text{C}$)

dimana nilai R_a didapatkan dari persamaan-persamaan berikut (Allen *et al.* 2006):

$$R_a = 37.6 d_r [\omega_s \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega_s)] \quad (5)$$

$$d_r = 1 + 0.033 \cos(0.0172 J) \quad (6)$$

$$\omega_s = \arccos[-\tan(\varphi) \tan(\delta)] \quad (7)$$

$$\varphi = \frac{\pi L}{180} \quad (8)$$

$$\delta = 0.409 \sin(0.0172 J - 1.39) \quad (9)$$

Keterangan: J = urutan hari sesuai dengan kalender Julian
 L = posisi lintang (Lintang Utara diberi tanda positif dan Lintang Selatan diberi tanda negatif)

e. Penentuan nilai K_c

Modifikasi persamaan neraca air dilakukan pada penelitian ini untuk menghitung nilai K_c . Nilai P pada lokasi penelitian sama, sehingga didapatkan persamaan penentuan K_c dari modifikasi persamaan neraca air sebagai berikut:

$$\frac{\Delta\theta_1}{\Delta t} \Delta Z - Q_1 + K_{c1} ET_o + RO_1 = P \quad (10)$$

$$\frac{\Delta\theta_2}{\Delta t} \Delta Z - Q_2 + K_{c2} ET_o + RO_2 = P \quad (11)$$

$$K_{c2} ET_o - K_{c1} ET_o = \frac{\Delta\theta_1}{\Delta t} \Delta Z - \frac{\Delta\theta_2}{\Delta t} \Delta Z - Q_1 + Q_2 + RO_1 - RO_2 \quad (12)$$

$$K_{c2} = \frac{\frac{\Delta\theta_1}{\Delta t} \Delta Z - \frac{\Delta\theta_2}{\Delta t} \Delta Z - Q_1 + Q_2 + RO_1 - RO_2}{ET_o} + K_{c1} \quad (13)$$

Dalam hal ini, nilai K_c pada suatu perlakuan (K_{c2}) akan terkait dengan nilai K_c perlakuan lain (K_{c1}). Untuk penentuan K_c perlakuan pertama digunakan nilai K_c inisial (angka bernilai bebas) sebagai K_{c1} . Pada perhitungan perlakuan lain, nilai K_{c1} merupakan hasil perhitungan K_{c2} sebelumnya. Menurut Sofiyuddin *et al.* (2012), hasil dari perhitungan nilai K_c pada keseluruhan perlakuan kemudian dapat diolah lebih lanjut menggunakan Kalman Filter untuk mempermudah analisis.

Rudiyanto *et al.* (2006) menyatakan bahwa pada pengolahan data menggunakan Kalman Filter perlu ditentukan terlebih dahulu nilai jumlah data (N), kovarian gangguan pada proses (Q), dan kovarian gangguan pada data (R).

f. Uji Karakteristik Perubahan Pertumbuhan Tanaman

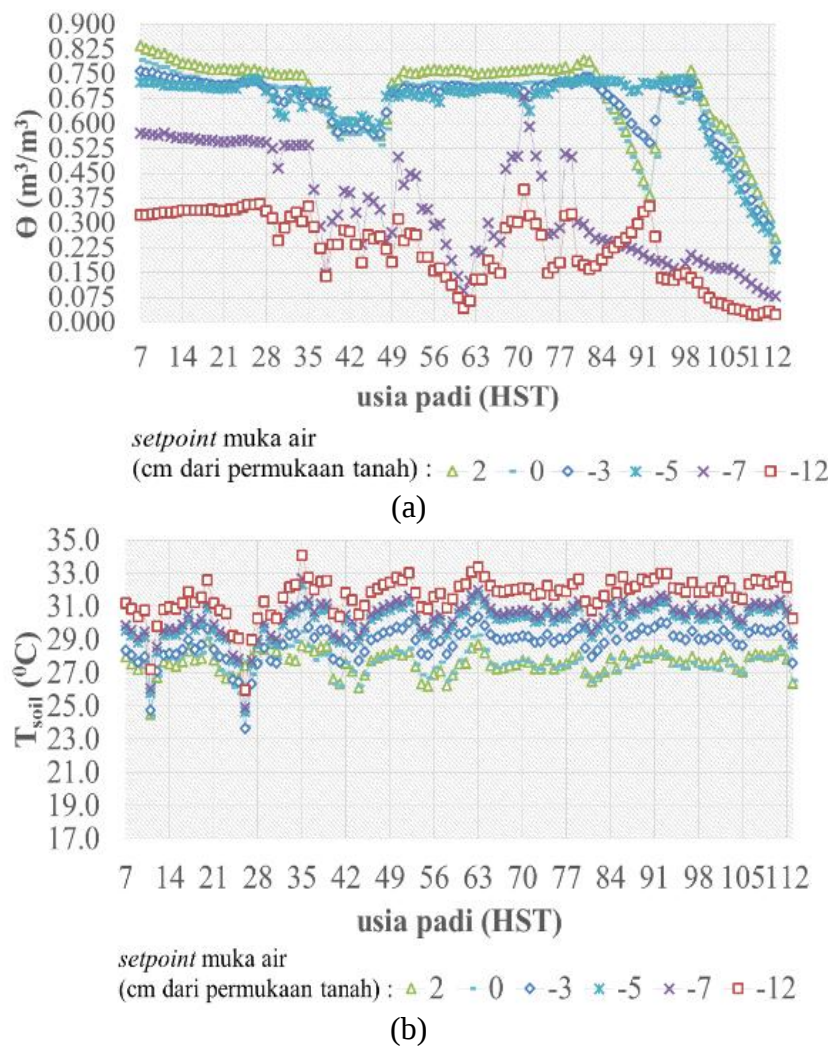
Karakteristik perubahan pertumbuhan tanaman dilihat pada saat pertumbuhan padi dan saat panen, baik pada ujicoba skala pot maupun skala lapang. Pada saat pertumbuhan tanaman, karakteristik yang diuji meliputi (Kaderi 2004):

1. Tinggi tanaman
Tinggi tanaman padi diukur mulai dari pangkal batang di atas permukaan tanah hingga ujung daun tertinggi. Pengamatan dilakukan secara rutin setiap 3 hari sekali.
2. Jumlah anakan tanaman padi tiap rumpun
Anakan dihitung dengan cara menghitung jumlah anakan tanaman padi yang tumbuh dari batang padi utama. Pengamatan dilakukan secara rutin setiap 3 hari sekali.
3. Jumlah anakan tanaman padi produktif
Jumlah anakan tanaman padi produktif dihitung berdasarkan jumlah anakan tanaman padi yang menghasilkan malai dan bulir padi. Perhitungan dilakukan satu minggu sebelum panen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter Fisik Tanah pada Berbagai Perlakuan Muka Air

Penerapan muka air yang berbeda pada aktivitas budidaya padi memberikan pengaruh pada fluktuasi parameter fisik tanah. Parameter fisik tanah yang diamati fluktuasinya pada penelitian ini meliputi parameter kelembaban tanah (Θ) dan temperatur tanah (T_{soil}). Fluktuasi parameter-parameter tersebut terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Fluktuasi parameter fisik pada 7-113 HST: Θ (a); T_{soil} (b)

a. Kelembaban tanah (Θ)

Pada penelitian ini, nilai Θ tanah dipantau setiap harinya. Hal ini penting dilakukan mengingat nilai Θ tanah dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman padi (Arif *et al.* 2014) dan sangat bergantung dengan jumlah suplai dan ketersediaan air yang dalam hal ini dicerminkan oleh nilai muka air yang diterapkan (Gajanyake *et al.* 2014).

Kondisi ketersediaan air dapat diketahui dengan membandingkan nilai Θ pengukuran dengan hasil uji karakteristik tanah. Dari data hasil uji karakteristik tanah (Tabel 1) diketahui bahwa kondisi tanah jenuh sebelum terjadinya *air entry* terjadi pada saat $\Theta > 0.275 \text{ m}^3/\text{m}^3$. Kondisi air tersedia bagi tanaman berada saat Θ ada pada rentang $0.211\text{-}0.133 \text{ m}^3/\text{m}^3$. Kondisi layu permanen dapat terjadi apabila $\Theta < 0.133 \text{ m}^3/\text{m}^3$.

Pada 7-40 HST, perlakuan pengaturan muka air dilakukan sesuai dengan *setpoint*. Kondisi yang terjadi pada seluruh perlakuan adalah kondisi jenuh dan air tersedia bagi tanaman, terlihat dari nilai $\Theta > 0.133$. Pengerangan kemudian dilakukan menjelang fase generatif berlangsung, yakni pada 41-47 HST pada seluruh perlakuan. Pada saat ini, pengaturan muka air tidak dilakukan dan irigasi dimatikan. Dalam hal ini, suplai air pada tanaman hanya berasal dari hujan. Oleh karena itu, nilai Θ lebih rendah dari fase sebelumnya.

Penggenangan dilakukan kembali pada 48-90 HST. Kondisi kekurangan air terjadi pada perlakuan muka air -12 cm (59-62 HST) dan -7 cm (61-62 HST). Kondisi tersebut tidak berlangsung lebih dari 4 hari, sehingga tanaman masih dapat bertahan dan tidak mengalami layu permanen. Hal ini dapat terjadi karena padi memiliki kemampuan adaptasi terhadap kekeringan, baik berupa pengurangan luas permukaan daun, kemampuan menembus lapisan tanah paling dalam, melindungi meristem akar dari kekeringan, dan mengatur bukaan stomata (Lestari 2006). Selain itu, Maisura *et al.* (2014) juga menambahkan bahwa varietas Ciherang juga memiliki mekanisme toleransi melalui akumulasi prolin yang lebih lama selama mengalami stres akibat kekeringan, sehingga potensi osmotik akan menurun dan padi dapat tetap bertahan dalam mengalami pertumbuhan. Pengerangan kemudian dilakukan kembali hingga panen untuk keperluan pematangan bulir.

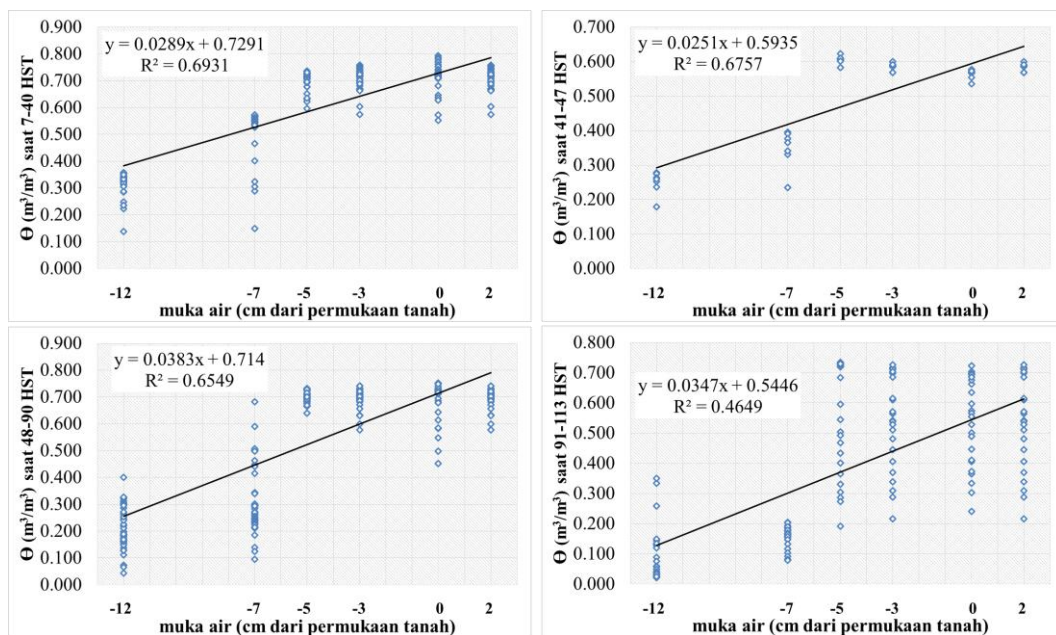
Grafik hubungan antara muka air tanah yang diterapkan dan kelembaban tanah yang terjadi dapat terlihat pada Gambar 4. Dari grafik-grafik tersebut terlihat bahwa besar koefisien determinasi dari perlakuan muka air tanah dan kelembaban tanah adalah 0.4649-0.6931. Hal ini berarti peningkatan perlakuan air tanah memberikan pengaruh sebesar 46.49%-69.31 % terhadap kelembaban tanah. Keseluruhan persamaan pada Gambar 4 menunjukkan adanya nilai positif di variabel x. Hal ini menandakan bahwa muka air yang diterapkan (pada sumbu x) berbanding lurus dengan kelembaban tanah yang terjadi. Hal ini dikarenakan nilai Θ merupakan rasio antara volume air dengan volume total sampel tanah, sehingga semakin tinggi muka air maka volume air semakin besar dan Θ -nya juga meningkat (Gajanayake *et al.* 2014).

b. Temperatur tanah (T_{soil})

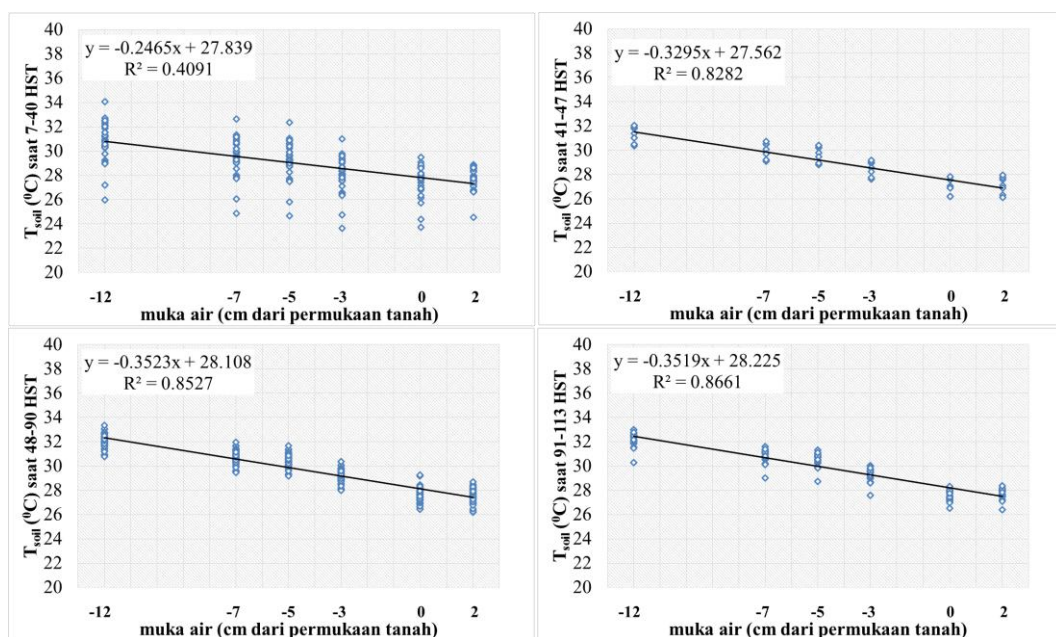
Pada penelitian ini, nilai T_{soil} juga dipantau setiap harinya. Hal ini penting dilakukan karena temperatur tanah dapat mempengaruhi proses fotosintesis tanaman yang dapat berimplikasi pada kondisi pertumbuhan tanaman Arai-Sanoh *et al.* (2007). Selain itu, nilai T_{soil} juga diduga dipengaruhi oleh muka air yang diterapkan.

Grafik hubungan antara muka air tanah yang diterapkan dan temperatur tanah yang terjadi dapat terlihat pada Gambar 5. Dari grafik-grafik tersebut terlihat bahwa besar koefisien determinasi dari perlakuan muka air tanah dan temperatur tanah adalah 0.4091-0.8661. Hal ini berarti peningkatan perlakuan air tanah memberikan pengaruh sebesar 40.91%-86.61 % terhadap

kelembaban tanah. Keseluruhan persamaan pada Gambar 5 menunjukkan adanya nilai negatif di variabel x. Hal ini menandakan bahwa muka air yang diterapkan (pada sumbu x) berbanding terbalik dengan temperatur tanah yang terjadi. Hal ini dapat terjadi karena semakin rendah muka air yang diterapkan, maka akan semakin kering tanah dan temperaturnya akan semakin meningkat. Oleh karena itu, pada budidaya yang menerapkan muka air lebih tinggi, T_{soil} akan relatif lebih rendah (Nobel dan Geller 1987).

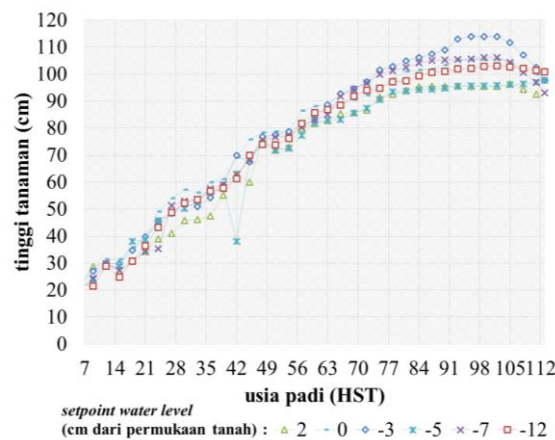


Gambar 4 Hubungan antara muka air tanah yang diterapkan dan Θ yang terjadi

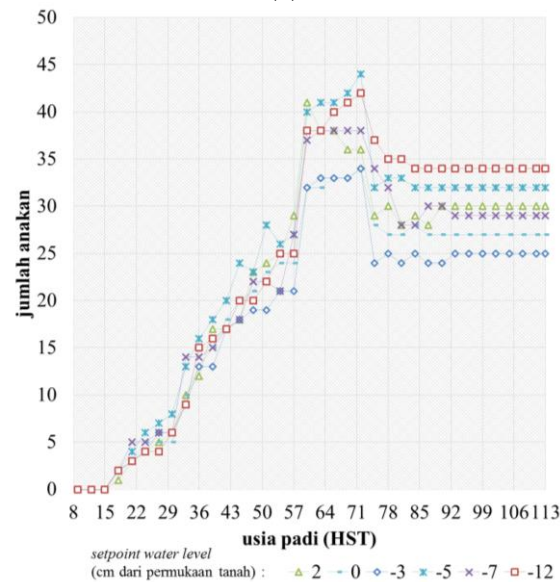


Gambar 5 Hubungan antara muka air tanah yang diterapkan dan T_{soil} yang terjadi

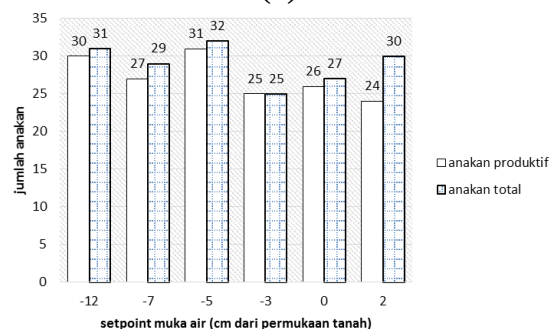
Pertumbuhan tanaman yang baik dapat berimplikasi pada hasil produksi yang tinggi. Oleh karena itu, parameter temperatur tanah (T_{soil}) dan kelembaban tanah (Θ) perlu dijaga untuk memenuhi kondisi optimum pertumbuhan.



(a)



(b)



(c)

Gambar 6 Parameter pertumbuhan tanaman: Tinggi tanaman (a); Penambahan jumlah anakan pada berbagai perlakuan muka air (b); Jumlah anakan keseluruhan dan anakan produktif saat akhir musim tanam (c)

Menurut Arai-Sanoh *et al.* (2007), laju fotosintesis dapat meningkat pada temperatur tanah lebih dari 32°C. Temperatur yang cukup tinggi tersebut terbukti mampu meningkatkan laju fotosintesis apabila hanya berlaku dalam jangka waktu pendek karena pada kondisi tersebut pengambilan air dan nitrogen oleh tanaman menjadi lebih baik akibat konduktansi difusi yang lebih tinggi dan peningkatan konsentrasi nitrogen di daun. Pada penelitian ini, temperatur tanah tinggi tersebut hanya berlangsung paling lama 10 hari pada perlakuan -12 cm dari permukaan tanah. Selain itu, Arai-Sanoh *et al.* (2007) juga menambahkan bahwa temperatur tanah yang lebih rendah dari 25 °C pada tanah tergenang kurang tepat bagi pertumbuhan tanaman padi. Hal ini dikarenakan pada temperatur tersebut rilis amonia, fosfat, dan silika sangat buruk. Pada penelitian ini, kejadian di perlakuan +2 cm dari permukaan tanah tersebut hanya terjadi pada 11 HST. Secara umum, nilai T_{soil} pada penelitian ini telah memenuhi kebutuhan pertumbuhan padi secara optimal, yakni berada di dalam rentang 20 °C dan 40 °C (Abdullahi *et al.* 2013). Oleh karena itu, pertumbuhan tanaman dapat berlangsung dengan baik tanpa mengalami cekaman temperatur. Namun, nilai Θ yang jauh berbeda pada seluruh perlakuan memberikan pengaruh pada pertumbuhan tanaman (Arif *et al.* 2014). Hal tersebut terlihat pada Gambar 6, khususnya pada jumlah anakan yang terbentuk.

Tanah di pot penelitian berada pada kondisi sangat jenuh pada saat $\Theta \geq 0.71$. Secara umum, Θ pada perlakuan muka air -12, -7, dan -5 cm dari permukaan tanah (8-71 HST) menunjukkan nilai di bawah 0.71. Hal ini mengindikasikan pada perlakuan muka air tersebut, aerasi di tanah masih dapat terjadi dengan cukup baik sehingga pembentukan anakan terjadi dengan baik yang ditandai dengan jumlah anakan yang tinggi pada ketiga perlakuan tersebut. Menurut Kasli dan Effendi (2012), perkembangan anakan tanaman padi membutuhkan air yang cukup dan kondisi tanah dalam keadaan aerob dan akar berkembang dengan baik. Hal ini dikarenakan pada kondisi jenuh, akar yang tidak berkembang dengan baik dan akan terbatas dalam mengambil nutrisi dari tanah akibat adanya aerenkim yang terbentuk pada korteks akar yang berfungsi untuk memasok oksigen dari atmosfer sebagai bentuk mekanisme adaptasi terhadap lingkungan anaerobik.

Koefisien Tanaman pada Budidaya Padi dengan Berbagai Perlakuan Muka Air

Koefisien tanaman (K_c) padi sangat diperlukan untuk dapat mengetahui jumlah air yang tepat untuk disuplai di lahan budidaya. Jumlah air tersebut diharapkan sesuai dengan nilai evapotranspirasi yang sebenarnya terjadi di lahan ET_c , yang merupakan sumber kehilangan air terbesar di lahan budidaya (Arif *et al.* 2012a). Pada penelitian ini, nilai K_c tersebut diketahui melalui perhitungan dengan metode neraca air modifikasi.

Nilai ET_c nantinya dapat diketahui dengan mengalikan K_c dan ET_o yang secara umum dapat diestimasi menggunakan persamaan FAO Penman-Monteith. Persamaan ET_o tersebut membutuhkan data meteorologi yang meliputi temperatur udara, kelembaban relatif udara, kecepatan angin, dan radiasi matahari. Pada penelitian ini, data meteorologi tersebut tidak didapat secara lengkap. Oleh karena itu, nilai ET_o pada penelitian dihitung menggunakan persamaan Hargreaves yang

sangat disarankan oleh Allen *et al.* (2006) untuk mengatasi permasalahan keterbatasan data.

Pada penelitian ini, nilai evapotranspirasi yang terjadi merupakan gabungan dari nilai evaporasi dan transpirasi. Dalam analisis hasil perhitungan, pengaruh kedua proses tersebut tidak dipisahkan. Hal ini dikarenakan kedua proses tersebut terjadi secara bersamaan dan belum ada cara yang mudah untuk membedakannya (Allen *et al.* 2006)

Hasil perhitungan nilai K_c harian pada keseluruhan perlakuan menggunakan persamaan neraca air modifikasi sangat fluktuatif dan mengandung banyak gangguan. Oleh karena itu, hasil dari perhitungan nilai K_c tersebut kemudian diolah menggunakan Kalman Filter untuk mempermudah analisis (Gambar 7). Untuk pengolahan data K_c tersebut, N yang digunakan adalah 106 data K_c per perlakuan, sedangkan nilai Q dan R mengikuti nilai yang digunakan Rudyanto *et al.* (2006), yakni 0.000002 dan 0.001.

Proses analisis pada penelitian ini menghasilkan nilai koefisien tanaman (K_c) harian seperti yang terlihat pada Gambar 8. Nilai K_c tersebut berfluktuasi tergantung pada kondisi iklim dan cuaca. Selain itu, usia tanaman juga mempengaruhi nilai K_c karena terkait dengan fase pertumbuhan tanaman yang terjadi (Wahyudi *et al.* 2014).

Fase pertumbuhan tanaman pada penelitian ini dibagi menjadi empat fase pertumbuhan yang berbeda. Fase tersebut meliputi *initial season*, *crop development*, *mid season*, dan *late season*.

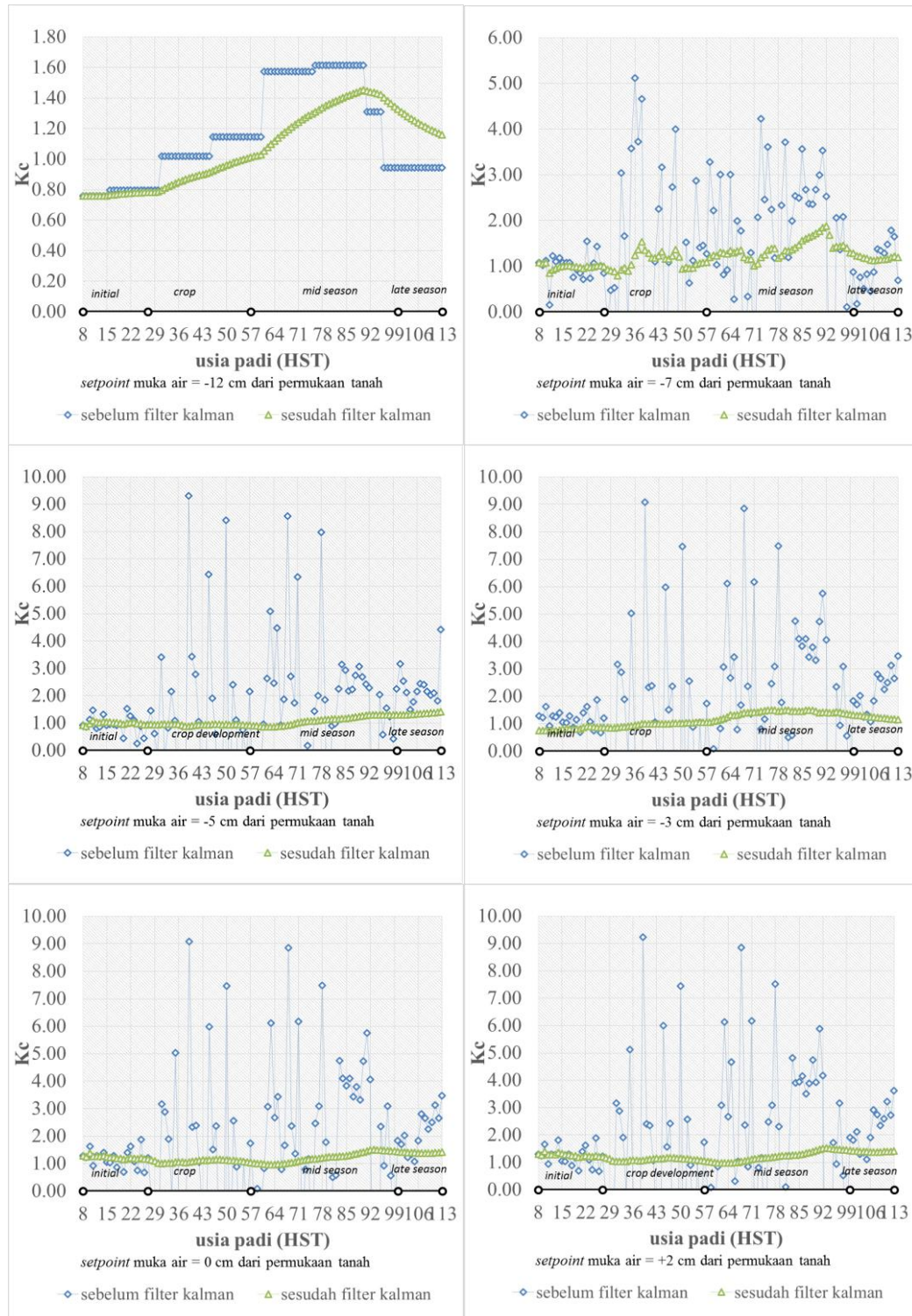
Secara umum, nilai K_c pada fase *initial season* dan *crop development* relatif rendah. Nilai tersebut kemudian meningkat pada fase *mid season* dan mencapai nilai maksimum pada akhir fase. Pada fase terakhir (*late season*), nilai K_c tersebut menurun kembali. Pola fluktuasi K_c yang sama juga terjadi pada penelitian-penelitian lain (Allen *et al.* 2006, Sofiyuddin *et al.* 2012). Namun, hasil penelitian ini dapat lebih rinci dalam menunjukkan fluktuasi dan besaran nilai K_c tanaman padi harian pada berbagai muka air yang diterapkan petani karena metode budidaya padi yang dilakukan sama, hanya perlakuan yang berbeda hanya penerapan muka air saja. Keseluruhan nilai K_c tersebut terlihat pada Gambar 9 dan Tabel 2.

Fase *initial season* berlangsung hingga 29 HST. Pada fase ini, luas daun tanaman tidak besar, sehingga nilai evapotranspirasi terbesar berasal dari nilai evaporasi tanah. Nilai K_c tertinggi ada pada perlakuan muka air 0 dan +2 cm dari permukaan tanah. Hal ini dikarenakan nilai evaporasi tinggi pada permukaan tanah yang basah, baik karena irigasi maupun hujan (Allen *et al.* 2006).

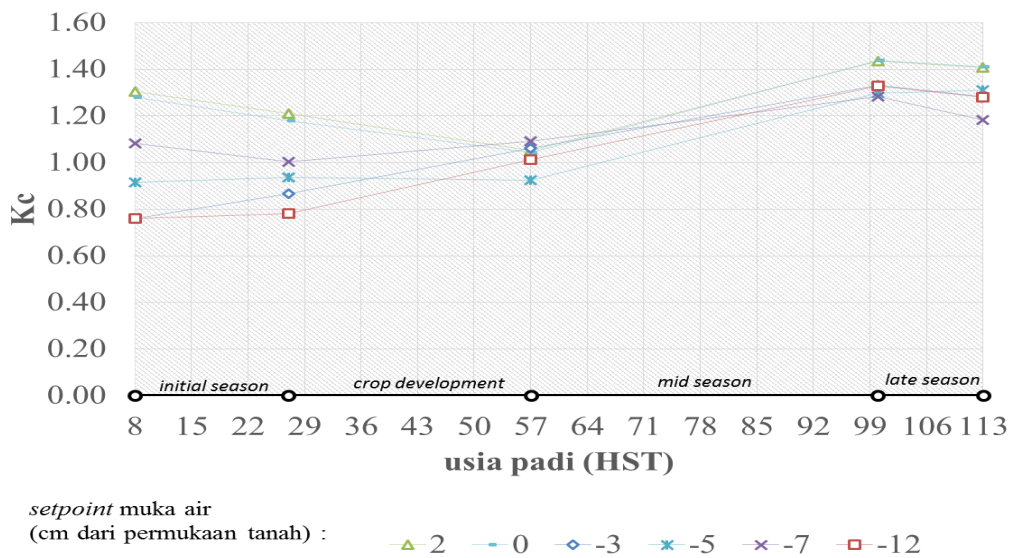
Menurut Allen *et al.* (2006), nilai K_c pada fase *crop development* tidak hanya dipengaruhi oleh evaporasi tanah, tetapi juga transpirasi tanaman yang besarnya selaras dengan perkembangan pertumbuhan tanaman yang dapat terlihat dari jumlah anakan yang terbentuk. Jumlah anakan tertinggi ada pada perlakuan yang permukaan tanahnya cenderung kering, sehingga transpirasinya tinggi namun evaporasi tanah nya rendah. Hal ini mengakibatkan nilai K_c hasil perhitungan tidak jauh berbeda pada keseluruhan perlakuan.

Pada fase *mid season* proses pembentukan dan pengisian bulir terjadi secara intensif, terlihat pada jumlah anakan produktif yang terbentuk hingga akhir musim (Gambar 6c). Nilai K_c tertinggi ada pada perlakuan muka air yang memiliki jumlah anakan produktif tertinggi, yakni -12 dan -5 cm dari permukaan tanah.

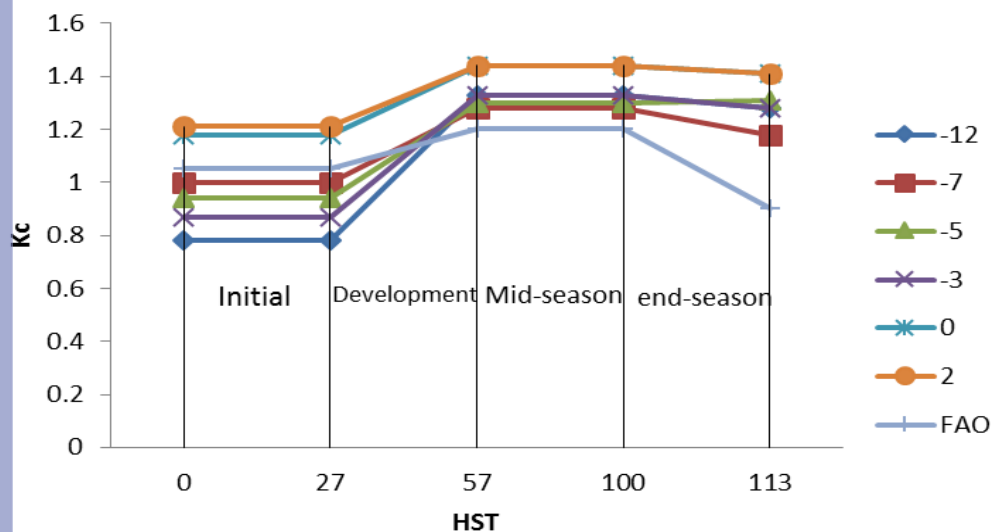
Pada fase *late season*, nilai K_c secara umum menurun. Hal ini dikarenakan pada fase ini terjadi proses pengeringan guna memenuhi kebutuhan pematangan bulir. Pada fase ini evaporasi tetap terjadi, sementara transpirasi tetap terjadi walaupun tidak seintensif yang terjadi pada fase lain karena mekanisme pembukaan stomata untuk keperluan respirasi tetap terjadi (Allen *et al.* 2006).



Gambar 7 Hasil analisis K_c dengan filter kalman

Gambar 8 Fluktuasi nilai K_c harian tanaman padi pada seluruh perlakuan muka airTabel 2 Nilai K_c rata-rata pada keseluruhan fase di berbagai perlakuan muka air

fase	setpoint muka air (cm dari permukaan tanah)											
	-12		-7		-5		-3		0		2	
	rentang nilai	rata-rata	rentang nilai	rata-rata	rentang nilai	rata-rata	rentang nilai	rata-rata	rentang nilai	rata-rata	rentang nilai	rata-rata
initial season	0.76 - 0.78	0.77	1.08 - 1.00	0.99	0.91 - 0.94	1.00	0.76 - 0.87	0.82	1.28 - 1.18	1.23	1.30 - 1.21	1.27
crop development	0.78 - 1.01	0.90	1.00 - 1.09	1.11	0.94 - 0.92	0.94	0.87 - 1.06	0.98	1.18 - 1.04	1.09	1.21 - 1.05	1.10
mid season	1.01 - 1.33	1.30	1.09 - 1.28	1.38	0.92 - 1.30	1.10	1.06 - 1.33	1.39	1.04 - 1.44	1.23	1.05 - 1.44	1.23
late season	1.33 - 1.28	1.23	1.28 - 1.18	1.17	1.30 - 1.31	1.35	1.33 - 1.28	1.23	1.44 - 1.41	1.40	1.44 - 1.41	1.40

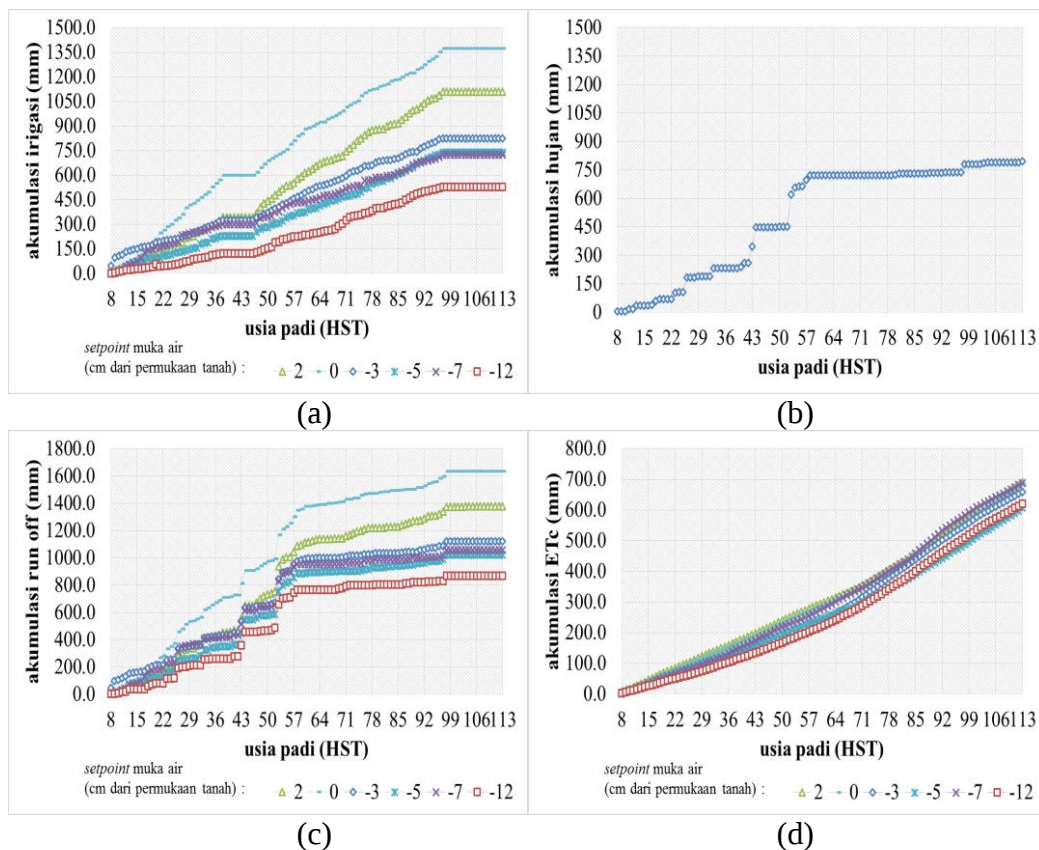
Gambar 9 Nilai K_c tanaman padi per fase pertumbuhan tanaman pada seluruh perlakuan muka air

Nilai K_c harian tanaman padi pada berbagai perlakuan muka air ini kemudian dapat dijadikan rujukan dalam praktek tanam padi oleh petani. Petani dapat memilih muka air yang akan diterapkan di lahan berdasarkan ketersediaan air di wilayah lahan budidaya mereka sesuai dengan jumlah kebutuhan air irigasinya.

Manajemen air yang baik oleh petani juga diharapkan dapat dilakukan dengan memanfaatkan hasil evaluasi nilai K_c pada berbagai perlakuan muka air ini. Menurut Sujono *et al.* (2011), manajemen air yang baik tersebut meliputi kemampuan dalam mengendalikan muka air di lahan yang dapat menghasilkan hasil padi yang optimal dengan memanfaatkan persediaan air yang terbatas.

Neraca Air pada Budidaya Padi di Berbagai Perlakuan Muka Air

Irigasi, presipitasi, evapotranspirasi tanaman, dan *run off* akumulasi selama satu musim tanam terlihat pada Gambar 10. Neraca air pada keseluruhan perlakuan muka air cukup baik, terlihat dari %kesalahan estimasi yang terjadi sebesar 6.23% - 14.96% (Tabel 3).



Gambar 10 Komponen neraca air: Irigasi (a); Hujan (b); *Run Off* (c); E_{tc} (d)

Secara umum, besarnya nilai evapotranspirasi sebanding dengan tingginya muka air yang diterapkan saat budidaya padi. Hal ini dikarenakan semakin tinggi muka air, maka semakin banyak air yang tersedia di lahan yang memungkinkan untuk terevapotranspirasi. Ketika nilai evapotranspirasi yang menandakan jumlah konsumsi air meningkat, maka suplai air yang dibutuhkan akan semakin tinggi.

Oleh karena itu, secara umum kebutuhan irigasi tertinggi terjadi ada apa praktek penerapan muka air tertinggi. Dalam penelitian ini, jumlah irigasi tertinggi tidak berada pada perlakuan muka air tertinggi. Perbedaan jumlah irigasi tersebut dapat terjadi karena adanya bocoran pada sistem.

Tabel 3 Neraca air pada berbagai perlakuan muka air

variabel neraca air	setpoint muka air (cm dari permukaan tanah)					
	-12	-7	-5	-3	0	2
Suplai:						
Irigasi (mm)	529.1	723.7	740.0	824.7	1372.7	1110.6
Presipitasi (mm)	795	795	795	795	795	795
Total suplai (mm)	1324.1	1518.7	1535.0	1619.7	2167.7	1905.6
Konsumsi:						
Evapotranspirasi tanaman (mm)	619.7	687.6	606.4	659.2	684.4	690.5
Run off (mm)	867.6	1058.2	1024.2	1122.7	1635.9	1377.0
Total konsumsi (mm)	1487.2	1745.9	1630.6	1782.0	2320.3	2067.5
%kesalahan antara total suplai dan konsumsi	12.32%	14.96%	6.23%	10.02%	7.04%	8.50%

Rata-rata irigasi pada seluruh perlakuan adalah 4.99-12.95 mm/hari. Nilai tersebut menyumbang 39.96-63.32% dari total suplai air ke lahan. Dari keseluruhan suplai air yang dilakukan, sebesar 31.57-46.8% terevapotranspirasi, sisanya terbuang berupa *run off* dan hilang karena bocoran.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perlakuan muka air pada budidaya padi memberikan pengaruh pada fluktuasi nilai parameter fisik tanah, khususnya nilai Θ dan T_{soil} .
2. Secara umum, nilai K_c pada fase *initial season* dan *crop development* relatif rendah. Nilai tersebut kemudian meningkat pada fase *mid season* dan mencapai nilai maksimum pada akhir fase. Pada fase terakhir (*late season*), nilai K_c tersebut menurun kembali.
3. Perhitungan nilai K_c dengan memodifikasi persamaan neraca air dapat dilakukan dengan baik, terbukti dari %kesalahan estimasi yang terjadi pada neraca air sebesar 6.23% - 14.96%.

Saran

Perlu dilakukan penelitian evaluasi koefisien tanaman padi pada berbagai perlakuan muka air dengan menggunakan berbagai jenis tanah yang memiliki karakteristik berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullahi AS, Soom MAM, Ahmad D, Shariff ARM. 2013. Characterization of rice (*Oryza sativa*) evapotranspiration using micro paddy lysimeter and class "A" pan in tropical environments. *Australian Journal of Crop Science*. 7(5): 650.
- Alarima CI, Adamu CO, Awotunde JM, Bandoh MN, Masunaga T, Wakatsuki T. 2013. Determinants of adoption of sawah rice technology among farmers in ashanti region of Ghana. *Journal of Agricultural Science and Technology*. B(3): 459.
- Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M. 1998. *Crop Evapotranspiration-Guidelines for Computing Crop Water Requirements-FAO Irrigation and Drainage Paper 56*. Rome (IT): Food and Agriculture Organization of the United Nations. 293.
- Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M. 2006. *FAO irrigation and drainage paper no. 56: crop evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements)*. Rome (IT): FAO of UN. 42-64.
- Arai-Sanoh Y, Ishimaru T, Ohsumi A, Kondo M. 2010. Effects of soil temperature on growth and root function in rice. *Plant Production Science*. 13: 239-240.
- Arif C, Setiawan BI, Sofiyuddin HA, Martief LM, Mizoguchi M, Doi R. 2012a. Estimating crop coefficient in intermittent irrigation paddy fields using excel solver. *Rice Science*. 19(2): 143.
- Arif C, Setiawan BI, Mizoguchi M, Doi R. 2012b. Estimation of soil moisture in paddy field using Artificial Neural Networks. *International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence*. 1(1): 17.
- Arif C, Setiawan BI, Mizoguchi M. 2014. Penentuan kelembaban tanah optimum untuk budidaya padi sawah SRI (System of Rice Intensification) menggunakan algoritma genetika. *Jurnal Irigasi*. 9(1): 36-37.
- [BP2TP] Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian. 2008. *Teknologi Budidaya Padi*. Bandar lampung (ID): Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Lampung. 2.
- Burleson DK. 2000. *Inside The Database Object Model*. Boca Raton (US): CRC Press. 112.
- Gajanayake, Reddy KR, Shankle MW, Arancibia RA. 2014. Growth, developmental, and physiological responses of two sweetpotato (*Ipomoea batatas* L. [Lam]) cultivars to early season soil moisture deficit. *Scientia Horticulturae*. 168:219.
- Gao Y, Duan A, Sun J, Li F, Liu Z, Liu H, Liu Z. 2009. Crop coefficient and water-use efficiency of winter wheat/spring maize strip intercropping. *Field Crop Research*. 111: 66.
- Goto S, Kuwagata T, Konghakote P, Polthanee A, Ishigooka Y, Toritani H, Hasegawa T. 2008. Characteristics of water balance in a rainfed paddy field in Northeast Thailand. *Paddy Water Environ*. 6:153.
- Handayani F, Maideliza T, Mansyurdin. 2013. Studi perkembangan aerenkim akar padi sawah dan padi ladang pada tahap persemaian dengan perlakuan perendaman. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*. 2(2): 146.

- Haskell DE, Flaspohler DJ, Webster CR, Meyer MW. 2010. Variation in soil temperature, moisture, and plant growth with the addition of downed woody material on lakeshore restoration sites. *Society for Ecological Restoration International*. 1.
- Kaderi H. 2004. *Pengamatan Percobaan Bahan Organik Terhadap Tanaman Padi di Rumah Kaca* [Prosiding]. Bogor (ID): Temu Teknis Nasional Tenaga Fungsional Pertanian Tahun 2004, Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan. 165-166.
- Kar G, Kumar A, Martha M. 2007. Water use efficiency and crop coefficients of dry season oilseed crops. *Agricultural Water Management*. 87: 74.
- Kasli, Effendi ARA. 2012. Effect of various high puddles on the growth of aerenchyma and the growth of rice plants (*Oryza sativa* L) in pot. *Pakistan Journal of Nutrition*. 11(5): 465.
- Kramer PJ. 1963. Water stress and plant growth. *Agronomic Journal*. 55: 31-35.
- Lestari EG. 2006. Hubungan antara kerapatan stomata dengan ketahanan kekeringan pada Somaklon Padi Gajahmungkur, Towuti, dan IR 64. *Biodiversitas*. 7(1): 44.
- Li Y, Simunek J, Jing L, Zhang Z, Ni L. 2014. Evaluation of water movement and water losses in a direct-seeded-rice field experiment using Hydrus-1D. *Agricultural Water Management*. 142: 39.
- Makarim AK, Suhartatik E. 2009. *Morfologi dan Fisiologi Tanaman Padi*. Subang (ID): Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. 296.
- Maisura, Chozin MA, Lubis I, Junaedi A, Ehara H. 2014. some physiological character responses of rice under drought conditions in a paddy system. *J. ISSAAS*. 20(1): 110.
- Manik TK, Rosadi RB, Karyanto A. 2012. Evaluasi metode Penman-Monteith dalam menduga laju evapotranspirasi standar (ET_0) di dataran rendah Propinsi Lampung, Indonesia. *Jurnal Keteknikan Pertanian*. 26(2): 122.
- Nobel PS, Geller GN. 1987. Temperature modelling of wet and dry desert soils. *Journal of Ecology*. 75(1): 248.
- Petillo MG, Castel JR. 2007. Water balance and crop coefficient estimation of a citrus orchard in Uruguay. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 5(2): 232.
- Purba GS, Daulay SB, Rindang A, Sigalingging R. 2012. Sistem informasi komoditas tanaman pangan (padi dan palawija) di kabupaten Karo. *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian*. 1(1): 77.
- Rudiyanto, Setiawan BI, Saptomo SK. 2006. Algoritma Filter Kalman Untuk Menghaluskan Data Pengukuran. *Jurnal Keteknikan Pertanian*. 20(3): 288.
- Saptomo SK, Chadirin Y, Setiawan BI, Sofiyudin HA. 2012. *Peningkatan Efisiensi Air Irigasi dengan Introduksi Sistem Otomatis Pada Sistem Irigasi di 14 Lahan Produksi Pangan* [prosiding]. Pertemuan Ilmiah Tahunan Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia. 43-47.
- Setiawan BI, Irmansyah A, Arif C, Watanabe T, Mizoguchi M, Kato H. 2014. SRI paddy growth and GHG emissions at various groundwater levels. *Irrigation and Drainage*. 63(5): 3.
- Sofiyuddin HA, Martief LM, Setiawan BI, Arif C. 2010. *Evaluation of crop coefficients from water consumption in paddy fields* [paper]. Yogyakarta (ID): 6th Asian Regional Conference. 8.

- Sofiyuddin HA, Martief LM, Setiawan BI, Arif C. 2012. Evaluasi Koefisien Tanaman Padi Berdasarkan Konsumsi Air pada Lahan Sawah. *Jurnal Irigasi*. 7(2):127.
- Sujono J. 2011. Koefisien tanaman padi sawah pada sistem irigasi hemat air. *Agritech*. 31(4): 345.
- Talpur MA, Changying J, Junejo SA, Tagar AA, Ram BK. 2013. Effect of different water depths on growth and yield of rice crop. *African Journal of Agricultural Research*. 8(37): 8654.
- Tsujimoto Y, Horie T, Randriamihary H, Shiraiwa T, Hommaa K. 2009. Soil management: the key factors for higher productivity in the fields utilizing the system of rice intensification (SRI) in the central highland of Madagascar. *Agric. Sys*. 100: 61-71.
- Wahyudi A, Anwar N, Edijatno. 2014. Studi optimasi pola tanam pada daerah irigasi Warujayeng Kertosono dengan program linier. *Jurnal Teknik POMITS*. 3(1): D33.
- Yoshida S. 1981. *Fundamental of Rice Crop Science*. Manila (PH): The International Rice Research Institute. 1.
- Zhang L, Walker GR, Dawes WR. 2002. Water balance modeling: concepts and applications. *ACIAR Monograph*. 84: 34.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Kegiatan penelitian

@Hak cipta milik IPB University	Gambar	Keterangan Gambar
		Bibit padi varietas Ciherang usia 12 hari setelah semai yang siap digunakan untuk penelitian
		Persiapan pot yang berisi media tanam dan telah terhubung dengan tabung mariot
		Tanaman padi usia 55 HST
		Tanaman padi usia 70 HST

Lampiran 2 Data pertumbuhan tanaman: tinggi tanaman

@Hak cipta milik IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

HST	-12 cm			-7 cm			-5 cm			-3 cm			0 cm			2 cm		
	pot 3	pot 6	rata-rata	pot 5	pot 8	rata-rata	pot 10	pot 12	rata-rata	pot 2	pot 7	rata-rata	pot 1	pot 9	rata-rata	pot 4	pot 11	rata-rata
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
0	21	24	22	22	19	20	20	18	19	20	18	19	20	21	21	15	20	18
3	21	24	22	22	22	19	21	18	19	21	19	20	22	21	21	18	21	20
6	20	25	22	22	20	21	22	18	20	22	22	22	24	23	23	20	22	21
9	23	20	22	26	23	25	28	20	24	31	23	27	30	26	28	27	31	29
12	29	29	29	28	31	30	31	27	29	32	27	30	31	32	31	28	32	30
15	29	21	25	24	31	27	31	27	29	32	27	30	31	32	31	21	32	26
18	30	32	31	26	36	31	37	39	38	38	31	35	38	34	36	24	38	31
21	34	38	36	30	39	34	43	34	39	44	36	40	43	37	40	25	44	34
24	46	41	43	30	40	35	50	42	46	49	42	46	50	48	49	29	49	39
27	50	47	49	46	57	51	54	43	49	51	45	48	55	53	54	31	51	41
30	51	53	52	47	60	53	55	46	50	54	49	52	59	56	57	37	54	46
33	52	55	53	48	60	54	61	45	53	51	51	51	57	56	56	41	51	46
36	54	60	57	52	63	58	62	51	56	49	60	54	60	60	60	46	49	47
39	55	60	58	53	66	59	63	53	58	58	60	59	61	62	61	53	58	55
42	64	58	61	55	71	63	7	70	38	69	71	70	69	69	69	58	69	63
45	69	71	70	58	79	68	71	66	69	60	76	68	73	79	76	61	60	60
48	72	76	74	70	81	76	80	69	74	76	78	77	76	81	78	76	76	76
51	71	77	74	71	83	77	75	69	72	77	78	78	76	82	79	67	77	72
54	75	78	76	70	84	77	77	69	73	79	79	79	79	79	79	68	79	73
57	79	85	82	76	85	81	83	72	77	80	82	81	85	88	87	77	83	80
60	84	87	86	81	86	83	88	77	82	83	84	83	88	88	88	80	83	82
63	85	89	87	82	88	85	88	78	83	84	94	89	89	88	88	82	84	83
66	86	91	89	83	100	92	88	88	83	86	100	93	89	88	89	87	84	85
69	90	94	92	85	104	95	90	82	86	88	101	95	91	90	91	87	85	86
72	92	96	94	88	106	106	91	84	87	90	104	97	93	92	92	87	87	87
75	91	99	95	88	112	100	97	84	91	93	110	102	96	94	95	86	97	92
78	95	100	97	91	111	101	96	91	94	97	109	103	101	96	98	87	98	93
81	95	100	98	92	113	102	97	91	94	98	112	105	105	98	101	90	99	94
84	96	103	99	92	116	104	97	92	94	99	113	106	105	98	102	92	99	95
87	97	105	101	93	117	105	97	93	95	100	115	107	105	99	102	92	99	96
90	97	105	101	93	118	105	97	93	95	101	117	109	108	99	104	92	99	96
93	98	106	102	93	118	106	99	93	96	107	119	113	111	99	105	93	99	96
96	98	106	102	93	118	106	99	93	96	109	119	114	112	99	105	92	99	96
99	98	108	103	93	119	106	99	93	96	109	119	114	112	99	105	92	99	96
102	98	108	103	93	119	106	99	93	96	109	119	114	112	99	106	92	99	96
105	98	108	103	93	116	104	99	93	96	108	115	112	110	99	104	92	101	96
108	97	107	102	92	110	101	99	95	97	107	107	107	106	98	102	92	97	95
111	97	106	101	91	103	97	98	96	97	106	99	102	103	98	100	91	94	93
113	96	106	101	89	97	93	99	96	98	105	91	98	99	97	98	91	111	101



Lampiran 3 Data pertumbuhan tanaman: jumlah anakan

Hak cipta milik IPB University														
-12 cm			-7 cm			-5 cm			-3 cm			0 cm		
pot 3	rata-rata	pot 6	pot 5	pot 8	rata-rata	pot 10	pot 12	rata-rata	pot 2	rata-rata	pot 7	pot 1	pot 9	rata-rata
pot 3	rata-rata	pot 6	pot 5	pot 8	rata-rata	pot 10	pot 12	rata-rata	pot 2	rata-rata	pot 7	pot 1	pot 9	rata-rata
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	1	2
21	2	3	3	4	5	5	3	4	4	4	2	3	4	2
24	3	4	4	4	5	5	5	6	6	5	3	4	6	3
27	4	4	4	5	6	6	8	7	7	6	5	6	4	5
30	4	7	6	5	6	6	7	8	8	7	5	6	6	4
33	8	10	9	12	16	14	13	12	13	10	8	9	11	9
36	18	12	15	12	16	14	15	16	16	15	11	13	17	9
39	16	15	16	14	16	15	18	17	18	15	11	13	18	12
42	18	15	17	17	16	17	18	22	20	18	15	17	22	14
45	18	22	20	17	19	18	23	24	24	18	18	18	24	16
48	18	22	20	24	19	22	23	23	23	18	19	19	23	18
51	19	25	22	25	19	22	25	30	28	19	19	19	23	18
54	24	25	25	23	19	21	25	27	26	23	19	21	30	18
57	24	26	25	31	23	27	25	28	27	23	19	21	30	18
60	36	39	38	44	30	37	32	48	40	32	32	32	32	32
63	36	39	38	44	32	38	34	48	41	32	33	32	32	32
66	36	43	40	44	32	38	34	48	41	29	36	33	32	33
69	36	46	41	42	34	38	36	48	42	27	38	33	35	31
72	37	47	42	41	35	38	40	48	44	26	41	34	36	31
75	31	42	37	40	27	34	26	37	32	20	28	24	31	25
78	33	36	35	37	26	32	28	28	33	21	28	25	27	26
81	33	36	35	30	26	28	28	37	33	21	27	24	27	27
84	31	36	34	30	26	28	27	37	32	21	28	25	28	27
87	32	35	34	32	28	30	26	37	32	19	28	24	28	26
90	32	36	34	32	28	30	26	37	32	20	28	24	27	26
93	31	36	34	30	27	29	26	38	32	21	28	25	28	26
96	31	36	34	30	27	29	26	38	32	21	28	25	28	26
99	31	36	34	30	27	29	26	38	32	21	28	25	28	26
102	31	36	34	30	27	29	26	38	32	21	28	25	28	26
105	31	36	34	30	27	29	26	38	32	21	28	25	28	26
108	31	36	34	30	27	29	26	38	32	21	28	25	28	26
111	31	36	34	30	27	29	26	38	32	21	28	25	28	26
113	31	36	34	30	27	29	26	38	32	21	28	25	28	26

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 4 Data pengukuran sensor

HST	data harian sensor																	
	ECRN-50	EHT			-12 cm		-7 cm		-5 cm		-3 cm		0 cm		2 cm			
P (mm)	T _{rata-rata} (°C)	T _{maks} (°C)	T _{min} (°C)	Θ (m ³ /m ³)	T _{soil} (°C)	Θ (m ³ /m ³)	T _{soil} (°C)	Θ (m ³ /m ³)	T _{soil} (°C)	Θ (m ³ /m ³)	T _{soil} (°C)	Θ (m ³ /m ³)	T _{soil} (°C)	Θ (m ³ /m ³)	T _{soil} (°C)	Θ (m ³ /m ³)		
7	130.0	26.6	32.8	23.3	31.2	0.573	29.6	0.726	29.6	0.759	28.4	0.793	28.1	0.835	28.0	0.855		
8	6.0	26.3	32.3	23.1	30.9	0.569	29.6	0.724	29.3	0.755	28.4	0.786	27.7	0.828	27.5	0.848		
9	0.0	25.8	32.3	22.9	30.4	0.567	29.1	0.725	28.8	0.753	27.6	0.781	27.4	0.823	27.2	0.843		
10	0.0	26.1	32.0	22.6	30.8	0.565	29.5	0.723	29.2	0.747	28.0	0.771	27.6	0.812	27.6	0.832		
11	10.0	22.8	25.0	20.5	33.1	0.531	27.2	0.716	25.8	0.743	24.8	0.770	24.4	0.811	24.5	0.831		
12	0.0	26.1	34.3	20.2	33.3	0.563	28.5	0.715	28.3	0.738	27.1	0.760	26.8	0.800	26.7	0.820		
13	19.0	26.2	33.5	20.3	33.3	0.558	29.5	0.715	29.3	0.734	28.1	0.753	27.8	0.793	27.7	0.813		
14	0.0	25.9	32.3	21.7	33.8	0.558	29.7	0.713	29.4	0.728	28.2	0.743	27.9	0.782	27.5	0.802		
15	0.0	25.6	32.7	21.5	33.8	0.557	29.6	0.714	29.3	0.728	28.1	0.742	27.8	0.781	27.4	0.801		
16	0.0	26.2	32.4	21.9	33.8	0.554	29.9	0.714	29.6	0.727	28.4	0.740	28.1	0.779	27.7	0.797		
17	3.0	26.6	33.7	21.8	33.9	0.551	30.5	0.712	30.2	0.723	29.0	0.733	28.7	0.771	28.3	0.791		
18	22.0	25.8	32.8	22.4	33.9	0.551	29.9	0.710	29.6	0.720	28.4	0.731	28.0	0.770	27.8	0.788		
19	9.0	26.3	32.9	22.7	34.0	0.550	30.2	0.708	29.9	0.717	28.7	0.726	28.2	0.765	27.9	0.783		
20	0.0	26.8	33.1	23.1	33.7	0.546	31.2	0.706	30.9	0.716	29.6	0.725	29.1	0.763	28.9	0.781		
21	0.0	25.6	32.0	22.5	33.6	0.546	29.9	0.706	29.6	0.716	28.4	0.727	27.8	0.765	27.8	0.783		
22	0.0	25.5	31.7	21.3	34.0	0.546	29.5	0.711	29.2	0.719	28.0	0.726	27.2	0.764	27.1	0.781		
23	35.0	25.5	31.7	21.9	34.1	0.548	29.3	0.707	29.0	0.715	27.8	0.722	26.9	0.760	26.7	0.777		
24	2.0	25.3	31.3	22.2	34.7	0.550	28.0	0.722	27.7	0.725	26.6	0.729	26.2	0.768	26.8	0.786		
25	1.0	25.2	30.8	22.6	35.6	0.550	27.9	0.730	27.6	0.726	26.5	0.722	25.8	0.761	26.7	0.783		
26	78.0	26.0	32.8	21.8	35.6	0.546	24.9	0.736	24.7	0.730	23.6	0.725	23.7	0.763	27.4	0.789		
27	0.0	26.3	32.1	21.7	35.7	0.544	27.8	0.731	27.5	0.724	26.4	0.718	26.9	0.756	27.9	0.784		
28	0.0	26.8	33.0	21.9	33.7	0.544	29.0	0.699	28.7	0.707	27.5	0.715	27.7	0.753	28.6	0.789		
29	6.0	26.6	32.7	21.8	31.3	0.526	30.0	0.678	29.7	0.696	28.5	0.714	28.6	0.752	28.4	0.770		
30	0.0	26.7	34.2	21.8	24.8	0.466	30.5	0.632	28.9	0.671	27.7	0.709	27.9	0.747	28.8	0.793		
31	0.0	26.6	33.2	20.9	28.5	0.536	29.0	0.622	28.8	0.666	27.6	0.710	27.9	0.748	28.3	0.798		
32	0.0	26.9	33.1	22.8	31.9	0.534	30.2	0.677	29.9	0.694	28.7	0.712	28.7	0.749	28.8	0.799		
33	42.0	25.6	33.0	21.3	33.2	0.536	30.8	0.694	30.5	0.701	29.3	0.709	28.6	0.747	27.9	0.784		
34	0.0	26.5	33.3	20.8	30.6	0.537	30.9	0.652	30.7	0.681	29.4	0.710	28.9	0.748	27.7	0.789		
35	0.0	26.5	33.1	21.8	35.0	0.535	32.7	0.695	32.4	0.688	31.0	0.681	29.5	0.717	28.6	0.794		
36	0.0	26.6	33.3	21.4	28.7	0.402	31.3	0.694	31.0	0.670	29.8	0.647	28.6	0.681	28.6	0.706		
37	0.0	26.0	33.3	21.2	22.2	0.289	30.7	0.695	30.4	0.666	29.1	0.636	27.8	0.670	28.3	0.711		
38	0.0	26.8	33.3	21.7	13.8	0.149	31.1	0.696	30.8	0.662	29.6	0.628	28.1	0.662	28.6	0.716		
39	0.0	26.4	33.7	21.6	23.5	0.306	31.2	0.636	30.9	0.605	29.6	0.573	28.1	0.604	28.6	0.721		
40	6.0	24.8	31.6	22.0	23.6	0.324	29.3	0.597	29.0	0.575	27.8	0.552	26.4	0.581	26.6	0.606		
41	20.0	25.0	32.5	21.5	27.7	0.396	29.1	0.608	28.8	0.589	27.6	0.570	26.2	0.600	26.3	0.623		
42	0.0	26.6	32.6	21.4	27.5	0.392	30.5	0.605	30.2	0.586	29.0	0.566	27.6	0.596	27.6	0.628		
43	88.0	26.2	33.0	22.2	23.6	0.314	30.1	0.606	29.8	0.586	28.6	0.567	27.0	0.597	27.1	0.623		
44	102.0	25.8	33.1	21.8	17.9	0.235	29.2	0.622	28.9	0.599	27.8	0.577	26.2	0.607	26.1	0.628		
45	0.0	26.1	32.3	21.4	26.4	0.376	29.7	0.609	29.5	0.591	28.2	0.572	26.9	0.603	26.9	0.633		

Lampiran 5 (lanjutan) Data pengukuran sensor

HST	ECRN-50		EHT		-12 cm		-7 cm		-5 cm		-3 cm		0 cm		2 cm	
	P (mm)	T rata-rata (°C)	T maks (°C)	T min (°C)	Θ (m ³ /m ³)	T _{soil} (°C)	Θ (m ³ /m ³)	T _{soil} (°C)	Θ (m ³ /m ³)	T _{soil} (°C)	Θ (m ³ /m ³)	T _{soil} (°C)	Θ (m ³ /m ³)	T _{soil} (°C)	Θ (m ³ /m ³)	T _{soil} (°C)
46	0.0	26.0	32.8	20.6	0.253	31.9	0.366	30.5	0.583	30.3	0.568	29.0	0.554	27.6	0.583	27.7
47	0.0	26.3	33.3	20.3	0.260	32.1	0.341	30.7	0.601	30.4	0.568	29.2	0.536	27.8	0.564	27.9
48	0.0	26.4	33.2	20.6	0.220	32.3	0.246	31.0	0.682	30.7	0.633	29.4	0.584	27.9	0.615	28.1
49	0.0	26.8	33.8	20.8	0.183	32.4	0.271	31.1	0.701	30.8	0.693	29.5	0.686	28.0	0.722	28.1
50	1.0	26.5	33.6	21.8	0.313	32.7	0.501	31.3	0.683	31.1	0.689	29.8	0.695	28.3	0.732	28.4
51	0.0	26.9	33.3	21.7	0.247	32.6	0.415	31.2	0.692	30.9	0.707	29.7	0.722	28.1	0.760	28.1
52	0.0	27.6	34.2	22.2	0.270	33.0	0.449	31.6	0.691	31.3	0.704	30.0	0.717	28.4	0.755	28.3
53	170.0	26.0	34.0	22.4	0.263	31.8	0.442	30.5	0.684	30.2	0.700	29.0	0.715	27.5	0.753	27.4
54	37.0	25.6	32.7	21.5	0.197	30.9	0.344	29.6	0.683	29.4	0.701	28.2	0.719	26.9	0.758	26.3
55	8.0	25.3	32.7	20.8	0.198	30.9	0.341	29.6	0.691	29.3	0.707	28.1	0.722	26.7	0.761	26.2
56	0.0	26.4	33.2	20.9	0.155	31.6	0.292	30.3	0.678	30.0	0.702	28.7	0.727	27.3	0.765	26.9
57	33.0	26.0	33.5	21.1	0.163	31.8	0.297	30.5	0.665	30.2	0.694	28.9	0.722	27.6	0.761	27.1
58	23.0	25.0	32.4	21.7	0.138	30.9	0.234	29.6	0.702	29.3	0.712	28.1	0.722	26.5	0.760	26.2
59	0.0	26.3	32.0	21.1	0.111	31.4	0.186	30.1	0.701	29.8	0.713	28.6	0.725	27.0	0.763	26.9
60	0.0	26.3	32.9	23.0	0.073	32.2	0.139	30.9	0.699	30.6	0.711	29.3	0.723	27.8	0.761	27.5
61	1.0	27.1	33.1	22.0	0.043	32.4	0.095	31.0	0.695	30.7	0.708	29.4	0.722	28.3	0.760	27.6
62	0.0	27.8	34.5	22.7	0.065	33.1	0.125	31.7	0.696	31.4	0.708	30.1	0.719	29.2	0.757	28.5
63	0.0	27.8	34.6	22.6	0.129	33.4	0.215	32.0	0.698	31.7	0.705	30.4	0.712	29.3	0.749	28.7
64	0.0	27.3	34.4	22.1	0.129	32.8	0.211	31.4	0.705	31.1	0.710	29.8	0.714	28.3	0.752	28.2
65	0.0	26.9	33.2	20.6	0.188	32.2	0.300	30.9	0.709	30.6	0.712	29.3	0.714	27.6	0.752	27.4
66	0.0	26.4	32.8	21.4	0.162	31.9	0.262	30.6	0.708	30.3	0.712	29.1	0.716	27.3	0.754	27.2
67	0.0	26.6	32.7	22.3	0.148	31.9	0.243	30.5	0.706	30.2	0.712	29.0	0.718	27.5	0.756	27.3
68	0.0	27.0	34.4	21.7	0.286	32.0	0.463	30.6	0.703	30.4	0.711	29.1	0.718	27.6	0.757	27.5
69	0.0	26.9	34.7	21.3	0.305	32.0	0.500	30.7	0.698	30.4	0.709	29.1	0.721	27.7	0.759	27.5
70	0.0	26.8	34.2	21.8	0.302	32.1	0.502	30.8	0.691	30.5	0.706	29.2	0.722	27.7	0.760	27.7
71	0.0	27.0	34.5	21.4	0.400	32.1	0.682	30.7	0.669	30.4	0.696	29.2	0.724	27.6	0.762	27.7
72	0.0	26.4	35.3	20.4	0.323	31.7	0.591	30.4	0.640	30.1	0.683	28.8	0.726	27.3	0.764	27.3
73	0.0	27.2	35.7	20.2	0.298	31.8	0.501	30.4	0.691	30.1	0.709	28.9	0.726	27.2	0.765	27.3
74	0.0	27.0	35.7	20.4	0.263	32.2	0.441	30.9	0.698	30.6	0.713	29.3	0.728	27.8	0.766	27.8
75	0.0	26.7	35.3	19.5	0.149	31.7	0.267	30.4	0.692	30.1	0.709	28.8	0.726	27.2	0.765	27.3
76	0.0	26.7	35.5	20.3	0.165	31.9	0.268	30.6	0.712	30.3	0.718	29.1	0.723	27.5	0.761	27.5
77	0.0	27.0	35.5	19.8	0.179	31.9	0.285	30.6	0.724	30.3	0.726	29.0	0.728	27.4	0.766	27.5
78	0.0	27.4	35.2	21.1	0.321	32.3	0.508	31.0	0.726	30.7	0.729	29.4	0.731	27.6	0.770	27.9
79	0.0	27.7	34.7	21.7	0.328	32.7	0.499	31.3	0.727	31.0	0.720	29.7	0.713	27.9	0.751	28.1
80	4.0	25.3	35.2	21.1	0.185	31.3	0.302	30.0	0.727	29.7	0.733	28.5	0.739	26.9	0.778	27.0
81	6.0	25.6	34.3	20.7	0.173	30.8	0.294	29.5	0.730	29.2	0.741	28.0	0.753	26.4	0.793	26.5
82	0.0	26.3	34.7	20.9	0.162	31.2	0.271	29.9	0.732	29.6	0.740	28.4	0.749	26.7	0.789	26.8
83	0.0	27.1	34.8	20.0	0.169	31.6	0.255	30.3	0.727	30.0	0.722	28.8	0.717	27.0	0.755	27.1
84	0.0	27.5	36.8	19.9	0.189	32.6	0.250	31.2	0.725	30.9	0.702	29.7	0.679	27.8	0.715	27.9
85	0.0	26.9	35.0	19.7	0.212	31.8	0.244	30.5	0.731	30.2	0.687	29.0	0.643	27.1	0.677	27.3

Lampiran 6 (lanjutan) Data pengukuran sensor

HST	ECRN-50 P (mm)	EHT		-12 cm		-7 cm		-5 cm		-3 cm		0 cm		2 cm	
		T _{rata-rata} (°C)	T _{maks} (°C)	T _{min} (°C)	Θ (m ³ /m ³)	T _{soil} (°C)	Θ (m ³ /m ³)	T _{soil} (°C)	Θ (m ³ /m ³)	T _{soil} (°C)	Θ (m ³ /m ³)	T _{soil} (°C)	Θ (m ³ /m ³)	T _{soil} (°C)	Θ (m ³ /m ³)
86	0.0	27.3	35.9	20.1	0.226	32.8	0.239	31.4	0.729	31.1	0.671	29.8	0.614	27.9	0.647
87	0.0	27.1	37.0	19.0	0.241	32.1	0.233	30.7	0.729	30.4	0.656	29.2	0.584	27.3	0.615
88	0.0	27.3	35.0	20.4	0.254	32.2	0.229	30.9	0.715	30.6	0.631	29.3	0.547	27.5	0.576
89	1.0	26.9	35.5	21.4	0.272	32.6	0.224	31.3	0.700	31.0	0.600	29.7	0.499	28.0	0.525
90	0.0	27.6	35.9	20.5	0.297	32.5	0.216	31.1	0.701	30.8	0.577	29.6	0.453	28.0	0.477
91	0.0	27.5	34.3	22.1	0.334	32.7	0.205	31.3	0.724	31.0	0.565	29.7	0.406	28.0	0.427
92	0.0	28.1	35.1	22.7	0.350	33.0	0.193	31.6	0.720	31.3	0.542	30.0	0.365	28.2	0.384
93	6.0	26.7	35.5	21.9	0.259	33.0	0.186	31.6	0.719	31.3	0.610	30.0	0.500	28.0	0.527
94	0.0	27.2	35.3	21.0	0.134	32.1	0.186	30.8	0.728	30.5	0.716	29.2	0.704	27.4	0.742
95	0.0	27.3	35.1	21.2	0.131	32.1	0.175	30.7	0.726	30.4	0.712	29.2	0.697	27.4	0.734
96	0.0	26.6	34.2	22.0	0.128	31.8	0.164	30.5	0.731	30.2	0.713	29.0	0.694	27.3	0.731
97	0.0	27.8	35.4	21.3	0.144	32.4	0.154	31.1	0.734	30.8	0.698	29.5	0.663	27.6	0.698
98	42.0	26.5	35.5	22.0	0.150	31.9	0.177	30.6	0.733	30.3	0.704	29.0	0.676	27.3	0.712
99	0.0	27.7	36.7	21.4	0.135	31.9	0.204	30.5	0.730	30.2	0.727	29.0	0.723	27.3	0.761
100	0.0	27.2	36.8	19.9	0.120	32.1	0.191	30.8	0.684	30.5	0.685	29.2	0.686	27.3	0.723
101	0.0	27.7	37.9	19.3	0.089	31.9	0.179	30.6	0.595	30.3	0.615	29.0	0.636	27.1	0.669
102	0.0	27.7	35.8	20.7	0.075	32.5	0.170	31.1	0.545	30.8	0.571	29.6	0.597	27.8	0.629
103	6.0	26.8	35.2	22.1	0.059	32.1	0.162	30.7	0.504	30.5	0.539	29.2	0.574	27.4	0.605
104	3.0	26.2	33.1	22.1	0.057	31.5	0.163	30.2	0.492	29.9	0.529	28.7	0.566	27.1	0.596
105	0.0	26.6	34.7	21.9	0.050	31.5	0.166	30.1	0.467	29.9	0.511	28.6	0.555	27.0	0.585
106	0.0	27.4	34.3	22.6	0.041	32.3	0.158	31.0	0.434	30.7	0.481	29.4	0.528	27.8	0.556
107	0.0	27.4	34.5	23.0	0.038	32.6	0.147	31.2	0.402	30.9	0.445	29.6	0.489	28.0	0.515
108	0.0	27.7	35.0	22.5	0.032	32.5	0.133	31.2	0.365	30.9	0.406	29.6	0.447	27.9	0.471
109	0.0	27.3	35.4	22.2	0.023	32.4	0.116	31.0	0.330	30.7	0.370	29.6	0.411	27.8	0.432
110	0.0	27.8	35.8	21.6	0.021	32.5	0.103	31.1	0.305	30.8	0.339	29.6	0.374	28.0	0.394
111	0.0	27.8	35.4	22.2	0.028	32.8	0.091	31.4	0.287	31.1	0.310	29.8	0.334	28.3	0.352
112	0.0	27.0	35.9	22.0	0.034	32.2	0.082	30.8	0.273	30.5	0.288	29.3	0.303	27.7	0.319
113	5.0	26.5	34.8	21.3	0.025	30.3	0.078	29.0	0.192	28.8	0.216	27.6	0.241	26.5	0.254

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Surabaya, Jawa Timur pada tanggal 4 Juli 1991 dari ayah Mustaien dan ibu Erwati. Penulis adalah putri pertama dari empat bersaudara, kakak dari Syahidun Najih ME, Dawam Mulia, dan Taufiq Abdullah. Penulis telah menempuh pendidikan di SDN Wonokusumo 5 Surabaya (1997-2003), SMPN 1 Surabaya (2003-2006), dan SMAN 5 Surabaya (2006-2009).

Pada tahun 2009, penulis diterima di Program Studi S1 Ilmu dan Teknologi Lingkungan (ITL) Universitas Airlangga (UA) melalui PMDK jalur prestasi. Selama mengikuti perkuliahan, penulis juga menjadi analis (kualitas air), asisten peneliti (identifikasi mikroba dan produksi metan dari pengolahan air limbah domestik), asisten praktikum (Ekologi, Metode dan Teknik Analisis Lingkungan), surveyor (analisa aspek lingkungan di kampung binaan Unilever), dan asisten konsultan *freelance* (perencanaan sistem penyaluran air minum dan drainase). Selain itu, penulis pernah mengikuti *Scientific Conference of Environmental Technology* (2012), *Environmental Youth Mini Confrence* dan *Youth Environmental Leader Summit* (2013), serta Program Kreativitas Mahasiswa (2012-2013). Penulis juga aktif di Badan Legislatif Mahasiswa FST UA (sekretaris), Himpunan Mahasiswa Departemen Biologi UA (ketua divisi kaderisasi), Kelompok Studi Strategis dan Analisis Peka Lingkungan (ketua divisi penelitian), Kelompok Studi Lingkungan dan tim pengabdian masyarakat ITL UA (koordinator humas kampung binaan).

Penulis dinyatakan lulus sarjana pada bulan Juni 2013 dan diterima pada program Pascasarjana, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, IPB melalui program PMDSU (Pendidikan Magister Menuju Doktor untuk Sarjana Unggul). Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan, penulis menyusun Tesis yang berjudul “Evaluasi Koefisien Tanaman Padi Pada Berbagai Perlakuan Muka Air” yang merupakan bagian dari penelitian penelitian PMDSU yang berjudul “Otomatisasi Irigasi dan Drainase Untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan dan Air Serta Menurunkan Faktor Emisi Gas Rumah Kaca”. Pada tahun 2014, penulis pernah mempresentasikan sebagian dari hasil penelitian tesis ini pada *The International Summer Course Program for Practical Agricultural Sciences towards Regional Sustainability, IPB (Indonesia)* “*Growth Performance of SRI Paddies under Various Water Levels*” dan *Winter Course Program for Practical Agricultural Sciences towards Regional Sustainability, Ibaraki University (Japan)* “*The Best Water Levels for SRI Paddies Cultivation*”.