

Penentuan Kebutuhan Air dan Koefisien Tanaman (K_c) Padi (*Oryza sativa* L.) di Sawah Lahan Rawa Lebak

*The Determination of Water Requirement and Crop Coefficient (K_c) of Paddy (*Oryza sativa* L.) in Swampy Land*

Feldy Khalid^{1*}, Edward Saleh¹, Rahmad Hari Purnomo¹

¹Program Studi Teknik Pertanian Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya,
Indralaya Sumatera Selatan 30862

^{*}Penulis untuk korespondensi: feldykhaldid20@gmail.com

Sitasi: Khalid F, Saleh E, Purnomo RH. 2019. The determination of water requirement and crop coefficient (K_c) of paddy (*Oryza sativa* L.) in swampy land. In: Herlinda S *et al.* (Eds.), Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2019, Palembang 4-5 September 2019. pp. 140-156. Palembang: Unsri Press.

ABSTRACT

This research aimed to determine the water requirement and coefficient of paddy in swampy land. This research was conducted from January to June 2019. The research used an experimental method with descriptive data presented in the form of tables and graphs. The results showed that the net water requirement from the initial season, crop development, mid season and late season were 1.05 mm/day, 4.64 mm/day, 11.20 mm/day and 18.72 mm/day. The evapotranspiration measurements results (ET_c) from the initial season, crop development, mid season and late season were 1.23 mm/day, 2.57 mm/day, 2.64 mm/day and 1.57 mm/day, for plant coefficients (K_c) respectively were 0.42; 0.89; 1.01 and 0.62. The largest evapotranspiration values and plant coefficient were occurred during the growth period of 31 to 65 days or mid season.

Keywords: net water requirements, evapotranspiration, coefficient of crops, percolation, swampy land

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kebutuhan air dan koefisien tanaman padi di sawah lahan rawa lebak. Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Januari sampai Juni 2019. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental dengan penyajian data secara deskriptif dalam bentuk tabel dan grafik. Kebutuhan air neto untuk tanaman padi untuk fase pertumbuhan awal, fase vegetatif aktif, fase pematangan dan fase pematangan biji berturut-turut adalah 1,05 mm/hari, 4,64 mm/hari, 11,2 mm/hari dan 18,72 mm/hari. Nilai evapotranspirasi hasil pengukuran (ET_c) dari fase pertumbuhan awal, fase vegetatif aktif, fase pematangan dan fase pematangan biji berturut-turut adalah 1,23 mm/hari, 2,57 mm/hari, 2,66 mm/hari dan 1,57 mm/hari, sedangkan untuk koefisien tanaman berturut-turut adalah 0,42; 0,89; 1,01 dan 0,62. Nilai evapotranspirasi dan koefisien tanaman terbesar terdapat pada umur pertumbuhan 31 sampai 65 hari atau fase pematangan.

Kata kunci: kebutuhan air neto, evapotranspirasi, koefisien tanaman, perkolasi, lahan rawa lebak

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris yang memiliki lahan potensial untuk pertanian terutama di lahan kering dan rawa. Sekitar 162,40 juta ha lahan pertanian, yang terdiri dari

33,4 juta ha daerah rawa. Lahan rawa terbagi menjadi dua yaitu lahan rawa pasang surut dengan luas 20,1 juta ha dan lahan rawa lebak dengan luas 13.3 juta ha (Harsono 2005). Tipologi lahan pertanian padi di Provinsi Sumatera Selatan sangat beragam, mulai dari dataran tinggi, lahan sawah irigasi, daerah pasang surut dan lahan rawa lebak. Lahan rawa lebak dan pasang surut dominan ditemui di provinsi Sumatera Selatan. Menurut Suryani *et al.* (2011), lahan rawa lebak yang sudah dimanfaatkan untuk budidaya padi di Sumatera Selatan seluas 368.690 ha dimana 70.908 ha diantaranya merupakan lebak dangkal dan 129.103 ha lebak menengah.

Laju pertumbuhan penduduk di Indonesia yang semakin meningkat beriringan dengan kebutuhan pangan yang semakin besar. Menurut hitungan Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, Kementerian Pertanian (2017), jika tidak ada upaya khusus untuk meningkatkan produksi beras maka pada tahun 2002 Indonesia akan mengalami defisit pangan sebanyak 9.668.000 ton beras. Dengan demikian, sejak sekarang harus disiapkan berbagai upaya serius untuk memenuhi tambahan produksi beras tersebut agar tidak tergantung pada suplai beras dari negara lain. Pemerintah melakukan impor beras dari negara lain untuk memenuhi kebutuhan tersebut tetapi hal ini merugikan *stake holder* penyedia bahan pangan dalam negeri, usaha kecil menengah, khususnya petani lokal. Pertumbuhan penduduk juga mengakibatkan lahan pertanian semakin sempit karena diubah fungsi menjadi perumahan. Penggantian lahan yang cukup diperlukan sebagai tempat bercocok tanam dan dapat menghasilkan bahan pangan terutama makanan pokok seperti padi. Peningkatan produksi tanaman saat ini menempati prioritas utama dalam pembangunan pertanian. Produktivitas lahan dapat dikaji melalui subsistem tanah, air dan pola lahan untuk penggunaan pada periode tertentu. Kajian produktivitas air dengan adanya input teknologi irigasi berupa sistem polder perlu dilakukan agar dapat diketahui pemberian air yang efisien dan mendapatkan produksi yang optimum (Sofiyuddin *et al.* 2012).

Kebutuhan air secara keseluruhan perlu diketahui karena merupakan salah satu tahap penting yang diperlukan dalam perencanaan dan pengelolaan sistem irigasi. Penggunaan air di lahan sawah sering kurang hati-hati dalam pemakaian dan pemanfaatannya sehingga diperlukan upaya untuk mengatur keseimbangan antara ketersediaan air dan kebutuhan air melalui pengembangan, pelestarian, perbaikan dan perlindungan (Priyonugroho, 2014). Sistem irigasi dan bangunan bendung perlu didirikan untuk memenuhi kebutuhan air khususnya untuk kebutuhan air di lahan sawah. Irigasi merupakan upaya penyediaan, pengaturan dan pembuangan air irigasi untuk menunjang pertanian dengan tujuan untuk memanfaatkan air irigasi yang tersedia secara benar yakni seefisien dan seefektif mungkin agar produktivitas pertanian dapat meningkat sesuai yang diharapkan.

Pengelolaan air dimaksudkan untuk menjamin ketersediaan air yang cukup bagi tanaman, membuang air hujan yang lebih dari lahan pertanian, mencegah tumbuhnya tanaman liar di lahan sawah, mencegah timbulnya zat racun dan kondisi tertutupnya muka tanah oleh genangan air diam, mencegah penurunan kualitas air dan dalam kasus tertentu mencegah pembentukan tanah asam sulfat. Pengelolaan air merupakan faktor yang sangat penting dalam keberhasilan peningkatan produksi padi di lahan sawah. Produksi padi sawah akan menurun jika tanaman padi menderita cekaman air (*water stress*). Gejala umum akibat kekurangan air antara lain daun padi menggulung, daun terbakar (*leaf scorching*), anakan padi berkurang, tanaman kerdil, pembungaan tertunda dan biji hampa (Subagyono dan Verplancke 2001). Sehingga diperlukan perhitungan nilai evapotranspirasi hasil pengukuran langsung (ET_c) agar tanaman padi tidak mengalami kekurangan atau kelebihan air.

Prediksi nilai evapotranspirasi aktual (ET_c) yang akurat diperlukan untuk mengatur volume dan frekuensi pemberian air irigasi sesuai dengan kebutuhan tanaman. Nilai evapotranspirasi tanaman padi bervariasi besarnya tergantung nilai koefisien tanaman (K_c)

yang berfluktuasi sesuai dengan tahap pertumbuhan dari tanaman (Sofiyuddin *et al.*, 2012). Evapotranspirasi aktual tanaman (ET_c) padi perlu diestimasi karena merupakan sumber kehilangan air utama dari tanaman dan permukaan tanah, serta merupakan komponen konsumsi air utama pada budidaya padi (Arif *et al.*, 2012). K_c secara umum digunakan untuk memperkirakan nilai ET_c sebagai faktor perkalian dari nilai evapotranspirasi potensial (ET_o). K_c tersebut harus diturunkan untuk setiap tanaman secara empiris berdasarkan aktivitas budidaya dan kondisi iklim lokal. 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. Analisis kebutuhan air dan nilai K_c tanaman padi untuk perencanaan dan efisiensi irigasi pada berbagai lahan budidaya dibutuhkan untuk mengatasi masalah di atas agar dapat ditingkatkan (Kar *et al.* 2007). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kebutuhan air dan koefisien tanaman (K_c) padi (*Oryza sativa* L.) di sawah lahan rawa lebak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kebutuhan air dan koefisien tanaman padi di sawah lahan rawa lebak.

BAHAN DAN METODE

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan alat: 1) Bejana, 2) Bor, 3) Cangkul, 4) Gerinda, 5) Mistar, 6) Palu, 7) Papan dan 8) Spidol. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah: 1) Air, 2) Kertas label, 3) Kertas ukur, 4) Petakan sawah rawa lebak pematang dengan sistem polder dan 5) Selotip dan 6) Tali rafia.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental dengan penyajian data secara deskriptif dalam bentuk tabel dan grafik. Data yang dihasilkan merupakan data primer hasil dari pengukuran secara langsung pada lahan sawah rawa lebak pematang PT. Buyung Poetra Pangan Desa Arisanjaya, Kecamatan Pemulutan Barat, Kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan.

Prosedur Penelitian

Cara kerja penelitian untuk setiap pengukuran evaporasi, transpirasi, perkolasi dan evapotranspirasi disiapkan cara kerja seperti di bawah ini :

1. Petak sawah lahan rawa lebak PT. Buyung Poetra Pangan seluas 1 hektar disiapkan untuk mengambil data.
2. Luas lahan diukur menggunakan meteran dibatasi dengan tali untuk pengujian lapangan.
3. Lahan yang disiapkan merupakan lahan yang memiliki tanah tinggi muka air 2 sampai 4 cm dari permukaan tanah petak lahan dan tidak terdapat gulma.

Kemudian untuk setiap pengukuran dilanjutkan cara kerja masing-masing sebagai berikut:

Proses pengukuran besarnya evaporasi

- 1) Bejana diletakkan di antara tanaman padi dan di tengah petakan sawah.
- 2) Selisih tinggi genangan air di dalam bejana diukur menggunakan kertas ukur.
- 3) Selisih tinggi genangan air di dalam bejana dianggap sebagai jumlah air yang hilang akibat evaporasi.

Proses pengukuran besarnya transpirasi

- 1) Bejana diletakkan di tengah lahan yang terdapat tanaman padi di dalamnya.
- 2) Bejana dimasukkan ke tanah dengan kedalaman 15 cm.

- 3) Permukaan atas bejana ditutup dengan lobang berdiameter 5 cm dibagian tengah.
- 4) Selisih tinggi genangan air di dalam bejana diukur menggunakan kertas ukur.
- 5) Selisih tinggi genangan air di dalam bejana dianggap sebagai jumlah air yang hilang akibat transpirasi.

Proses pengukuran besarnya perkolasi

- 1) Bejana diletakkan di tengah lahan dengan posisi atas tertutup dan alas terbuka.
- 2) Bejana dimasukkan ke tanah dengan kedalaman 15 cm.
- 3) Selisih tinggi genangan air di dalam bejana diukur menggunakan kertas ukur.
- 4) Selisih tinggi genangan air di dalam bejana dianggap sebagai jumlah air yang hilang akibat perkolasi.

Proses pengukuran besarnya evapotranspirasi

- 1) Bejana diletakkan di tengah lahan yang terdapat tanaman padi di dalamnya.
- 2) Bejana dimasukkan ke tanah dengan kedalaman 15 cm.
- 3) Selisih tinggi genangan air di dalam bejana diukur menggunakan kertas ukur.
- 4) Selisih tinggi genangan air di dalam bejana dianggap sebagai jumlah air yang hilang akibat evapotranspirasi.

Parameter Pengamatan

Parameter teknis

Parameter yang diamati pada penelitian ini adalah kebutuhan air neto sawah untuk padi, nilai evapotranspirasi tanaman, nilai koefisien tanaman dan nilai perkolasi.

Kebutuhan air neto sawah untuk padi

Kebutuhan bersih air di sawah untuk padi dapat dihitung menggunakan persamaan 1 (Fuadi *et al*, 2016).

$$NFR = ET_c + P - Re + WLR \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

NFR =kebutuhan bersih air di sawah (mm/hari)

ET_c =evapotranspirasi tanaman (mm/hari)

P =kehilangan air akibat perkolasi (mm/hari)

Re = curah hujan efektif (mm/hari)

WLR =penggantian lapisan air untuk penggenangan (mm/hari)

Perkiraan keperluan air netto pada setiap petak lahan di PT. Buyung Poetra Pangan dihitung dari kebutuhan bersih air di sawah dikalikan dengan luas lahan (Sosrodarsono dan Takeda 2006).

Nilai evapotranspirasi tanaman

Nilai evapotranspirasi tanaman dapat diukur secara langsung (Sosrodarsono dan Takeda, 2006) yaitu dengan menggunakan skala per minggu menggunakan persamaan berikut :

$$ET_c = \text{Rata-rata pengukuran perminggu} \times 0,5 \text{ kali (ukuran diameter ember 30 cm hasil pengukuran perlu dikalikan dengan koefisien 0,5)} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

ET_c = evapotranspirasi tanaman (mm/hari)

Nilai Koefisien Tanaman

Nilai koefisien tanaman dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan menurut rumus Soewarno (2010) sebagai berikut :

$$ET_c = K_c \times ET_o \dots\dots\dots (3)$$

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

K_c = koefisien tanaman

ET_c = evapotranspirasi aktual (mm/hari)

ET_o = evapotranspirasi potensial (mm/hari)

Nilai Perkolasi

Nilai perkolasi diukur secara langsung (Soewarno, 2010) yaitu dengan menggunakan rumus :

$$P = \left(\frac{h_1 - h_2}{t_2 - t_1} \right) \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :

P = perkolasi (mm/hari)

h_1 = tinggi awal (mm)

h_2 = tinggi akhir (mm)

t = waktu selama 24 jam

Data Sekunder

Data sekunder yang diperlukan dalam penelitian yaitu data iklim dari BMKG Kenten selama 10 tahun terakhir (2009 sampai 2018). Data iklim tersebut terdiri dari suhu, kelembaban relatif, kecepatan angin dan intensitas cahaya matahari. Data klimatologi bertujuan untuk mendukung data-data yang diolah menjadi parameter dan melakukan analisis yang dilakukan terhadap parameter yang ada.

Evaporasi Prediksi (E_0)

Data evaporasi prediksi bertujuan untuk menganalisa pola evaporasi aktual yang diukur selama masa pengamatan dengan menggunakan data iklim dari BMKG terdekat yang menggunakan persamaan Penman pada kondisi vegetasi yang disiram dengan baik sebagai berikut (Linacre, 1977):

$$E_0 = \frac{500T_m / (100 - A) + 15(T - T_d)}{80 - T} \dots\dots\dots (6)$$

dengan:

$$T_m = T + 0,006h$$

Keterangan:

T = suhu rata-rata ($^{\circ}C$)

h = ketinggian titik referensi (m)

A = letak lintang titik referensi ($^{\circ}$)
 T_d = suhu rata-rata titik embun ($^{\circ}\text{C}$)

Evapotranspirasi Referensi (ET_0)

Data evapotranspirasi referensi bertujuan untuk membandingkan pola evapotranspirasi aktual yang diamati terhadap pola evapotranspirasi sepuluh tahun terakhir dengan menggunakan metode Penman sebagai berikut (Priyonugroho, 2014)

$$ET_0 = c. (W. Rn + (1 - W). f(u). (ea - ed)) \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan

ET_0 = evapotranspirasi acuan (mm/hari)
 c = faktor penyesuaian kondisi cuacaakibat siang dan malam
 W = faktor yang mempengaruhi penyinaran matahari (mengacu Tabel Penman hubungan antara temperatur dengan ketinggian)
 Rn = radiasi penyinaran matahari (mm/hari)
 $f(u)$ = faktor yang tergantung dari kecepatan angin atau fungsi relatif angin (km/hari)
 ea = tekanan uap jenuh (mbar)
 ed = tekanan uap nyata (mbar)
 $(ea-ed)$ = perbedaan tekanan uap air jenuh dengan tekanan uap air nyata (mbar)

Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif ditentukan besarnya R_{80} yang merupakan curah hujan yang besarnya dapat dilampau sebanyak 80% atau dilampauinya 8 kali kejadian dari 10 kali kejadian. Hal ini berarti besarnya curah hujan yang lebih kecil dari R_{80} mempunyai kemungkinan hanya 20%. Pernyataan di atas dapat dirumuskan sebagai berikut (Priyonugroho, 2014) :

$$R_{80} = \frac{m}{n+1} \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan :

R_{80} = curah hujan sebesar 80%
 n = jumlah data
 m = rangking curah hujan yang dipilih

Curah hujan efektif untuk padi adalah 70% dari curah hujan tengah bulanan yang terlampaui 80% dari waktu periode tersebut.

$$Re \text{ padi} = \frac{(R_{80} \times 0,7)}{\text{Periode pengamatan}} \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan

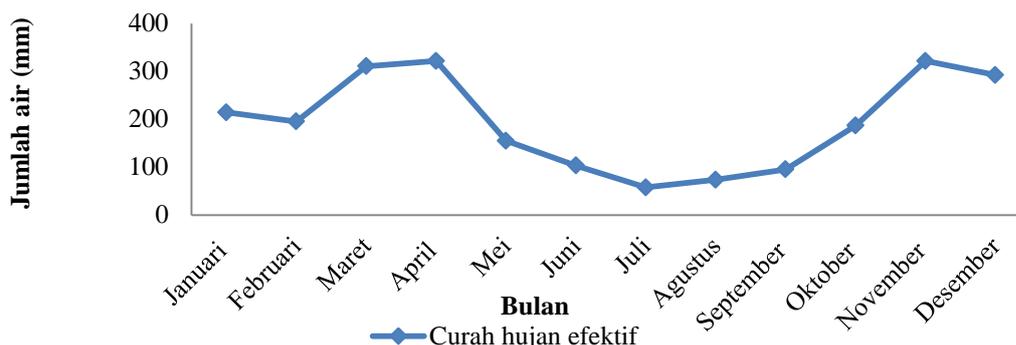
Re = curah hujan efektif (mm/hari)
 R_{80} = curah hujan dengan kemungkinan terjadi sebesar 80%

HASIL

Kebutuhan Air Neto Sawah Untuk Padi

Penentuan kebutuhan air sawah untuk padi dilakukan dengan menghitung kebutuhan air tanaman aktual, perkolasi, pergantian lapisan air, curah hujan efektif dan penyiapan lahan. Besarnya curah hujan efektif yang dihitung dari data Klimatologi 10 tahun terakhir +

(Gambar 1).



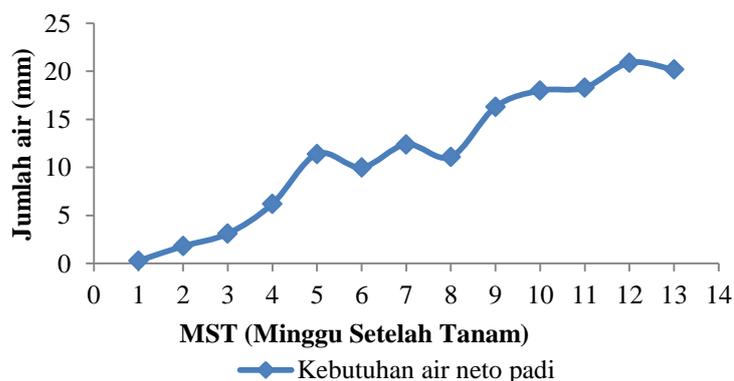
Gambar 1. Curah hujan efektif dari data Klimatologi 10 tahun terakhir

Gambar 1. menunjukkan bahwa besarnya curah hujan efektif di lokasi penelitian. Curah hujan efektif terendah pada bulan Juli sebesar 57,9 mm/bulan. Sedangkan curah hujan efektif terbesar pada bulan April sebesar 321,68 mm/bulan. Bulan Januari sampai April dan bulan Oktober sampai Desember termasuk ke dalam bulan basah, sedangkan bulan Mei sampai September termasuk bulan lembab. Berdasarkan curah hujan yang telah dihitung sebelumnya, nilai kebutuhan air neto tanaman pada setiap fase pertumbuhan (Tabel 1).

Tabel 1. Tabel kebutuhan air neto tanaman padi setiap fase pertumbuhan

Umur Pertumbuhan	Kebutuhan Air Neto Padi (mm/hari)
Pertumbuhan awal (0 sampai 15 hari)	1,05
Fase vegetatif aktif (16 sampai 30 hari)	4,64
Fase pembuahan (31 sampai 65 hari)	11,20
Fase pematangan biji (66 sampai 90 hari)	18,72

Tabel 1. menunjukkan nilai kebutuhan air neto tanaman padi pada fase pertumbuhan awal, vegetatif aktif, pembuahan dan pematangan biji berturut-turut sebesar 1,05 mm/hari, 4,64 mm/hari, 11,20 mm/hari dan 18,72 mm/hari. Kebutuhan air neto terbesar terdapat pada fase pematangan buah sebesar 18,72 mm/hari. Sedangkan kebutuhan air neto terendah terdapat pada fase pertumbuhan awal sebesar 1,05 mm/hari. Kebutuhan air neto tanaman untuk setiap minggu setelah tanam (MST) dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kebutuhan air neto tanaman padi setiap MST

Gambar 2. menunjukkan bahwa kebutuhan air neto tanaman padi setiap minggu setelah tanam (MST) meningkat secara berkelanjutan sampai MST terakhir. Kebutuhan air neto terbesar pada tanaman padi yaitu pada MST ke-13 sebesar 20,19 mm/hari sedangkan

kebutuhan air terkecil yaitu pada bulan MST ke-1 sebesar 0,27 mm/hari.

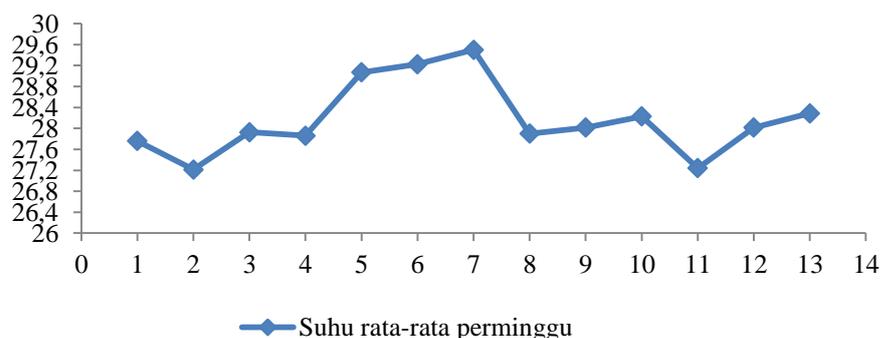
Evapotranspirasi Tanaman (ET_c)

Hasil pengukuran nilai evapotranspirasi tanaman (ET_c) pada setiap fase pertumbuhan dapat dilihat pada Tabel 2.

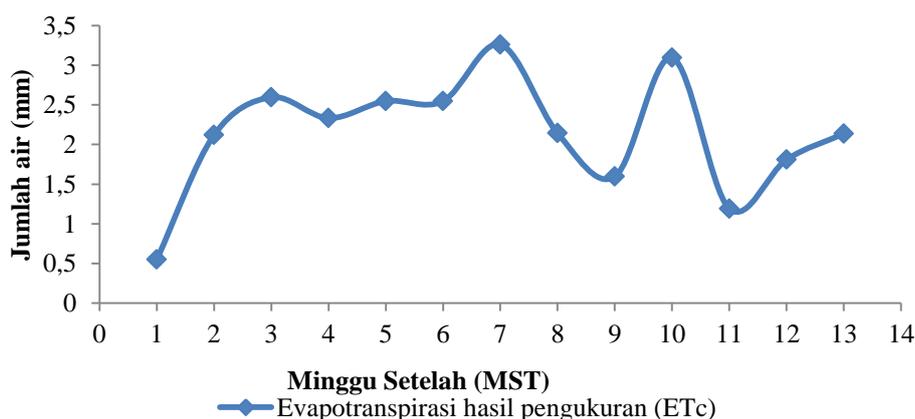
Tabel 2. Nilai evapotranspirasi tanaman (ET_c)

Umur pertumbuhan	Evapotranspirasi (ET_c) (mm/hari)
Pertumbuhan awal (0 sampai 15 hari)	1,23
Fase vegetatif aktif (16 sampai 30 hari)	2,57
Fase pembuahan (31 sampai 65 hari)	2,66
Fase pematangan biji (66 sampai 90 hari)	1,57

Tabel 2. menunjukkan nilai evapotranspirasi tanaman (ET_c) pada setiap fase pertumbuhan. Nilai evapotranspirasi tanaman tertinggi terdapat pada fase pembuahan sebesar 2,66 mm/hari sedangkan nilai evapotranspirasi terendah terdapat pada fase pertumbuhan awal sebesar 1,23 mm/hari. Nilai evapotranspirasi pada fase vegetatif aktif dan fase pematangan biji berturut-turut sebesar 2,57 mm/hari dan 1,57 mm/hari. Suhu rata-rata setiap minggu setelah tanam (MST) selama penelitian dapat dilihat pada Gambar 3. Sedangkan besarnya evapotranspirasi pengukuran lapangan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Suhu rata-rata setiap minggu setelah tanam (MST) selama periode penelitian



Gambar 4. Nilai evapotranspirasi hasil pengukuran (ET_c) selama pengamatan

Gambar 4. menunjukkan nilai evapotranspirasi hasil pengukuran (ET_c) setiap minggu setelah tanam (MST). Nilai evapotranspirasi terendah terdapat pada MST ke-1 sebesar 0,55 mm/hari sedangkan untuk nilai terbesar terdapat pada MST ke-7 sebesar 3,26 mm/hari. Sedangkan nilai evapotranspirasi dari MST ke-2 sampai MST ke-6 dan MST ke-8 sampai

MST ke-13 berturut-turut adalah 2,12 mm/hari, 2,60 mm/hari, 2,33 mm/hari, 2,55 mm/hari, 2,55 mm/hari, 2,14 mm/hari, 1,60 mm/hari, 3,10 mm/hari, 1,19 mm/hari, 1,81 mm/hari dan 2,14 mm/hari.

Koefisien Tanaman (K_c)

Koefisien tanaman padi dari hasil pengukuran setiap fase pertumbuhan dapat dilihat pada tabel Tabel 3.

Tabel 3. Nilai koefisien tanaman padi (K_c)

Umur Pertumbuhan	Koefisien tanaman (K_c)	
	Metode Penman	Metode Blanney-Criddle
Pertumbuhan Awal (0-15 hari)	0,43	0,22
Fase Vegetatif Aktif (16-30 hari)	0,89	0,47
Fase Pematangan (31-65 hari)	1,01	0,47
Fase Pematangan Biji (66-90 hari)	0,62	0,26

Tabel 3. dapat dilihat bahwa koefisien tanaman padi dengan evapotranspirasi yang dihitung menggunakan persamaan Penman dan Blanney-Criddle. Persamaan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode Penman sedangkan metode Blanney-Criddle hanya digunakan sebagai pembandingan. Koefisien tanaman terbesar berdasarkan metode Penman yaitu pada fase pematangan yaitu sebesar 1,01. Nilai koefisien tanaman pada untuk pertumbuhan awal, fase vegetatif aktif, fase pematangan dan fase pematangan biji berturut-turut adalah 0,43; 0,89; 1,01 dan 0,62.

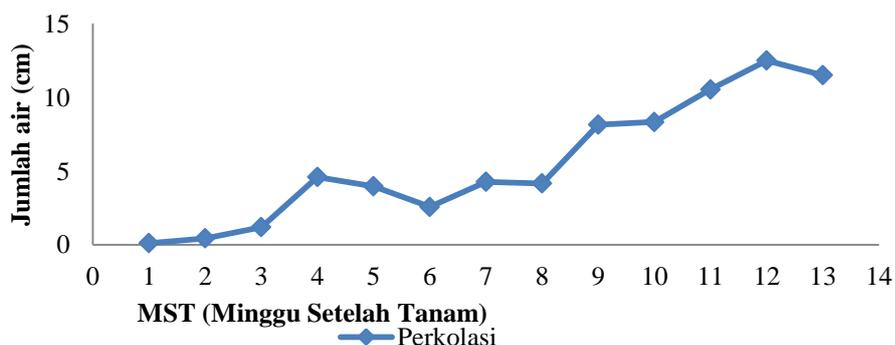
Perkolasi

Perkolasi dari hasil pengukuran di lapangan untuk setiap tahapan pertumbuhan dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Perkolasi setiap fase pertumbuhan tanaman

Umur pertumbuhan	Perkolasi (cm/hari)
Pertumbuhan awal (0 sampai 15 hari)	0,28
Fase vegetatif aktif (16 sampai 30 hari)	3,28
Fase pematangan (31 sampai 65 hari)	4,86
Fase pematangan biji (66 sampai 90 hari)	10,93

Tabel 4. dapat dilihat bahwa perkolasi tertinggi terjadi pada fase pematangan biji sebesar 10,93 cm/hari. Akumulasi perkolasi terendah terdapat pada fase pertumbuhan awal sebesar 0,28 cm/hari. Perbedaan akumulasi perkolasi setiap fase pertumbuhan cukup signifikan. Faktor-faktor yang mempengaruhi perkolasi yaitu, tekstur tanah, permeabilitas tanah, tebal *top soil* dan letak pengukuran air tanah (Sumadiyono, 2011). Rata-rata perkolasi tanaman pada setiap minggu setelah tanam (MST) dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Rata-rata perkolasi tanaman padi setiap MST

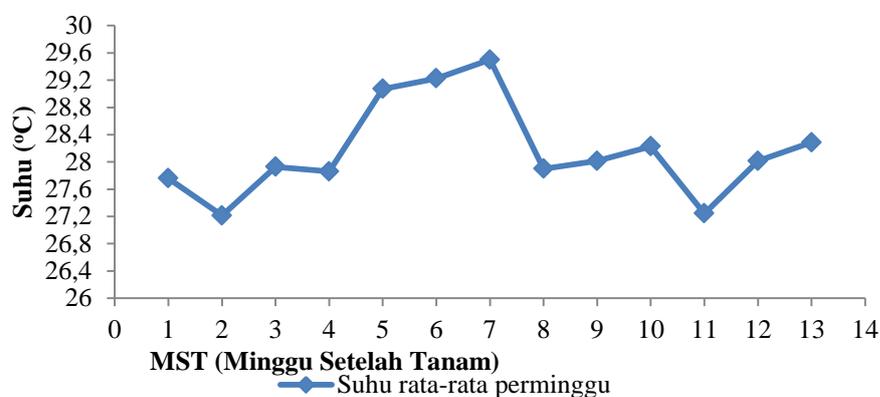
Evaporasi dan Transpirasi

Evaporasi dari hasil pengukuran di lapangan untuk setiap tahapan pertumbuhan dapat dilihat pada Tabel 5.

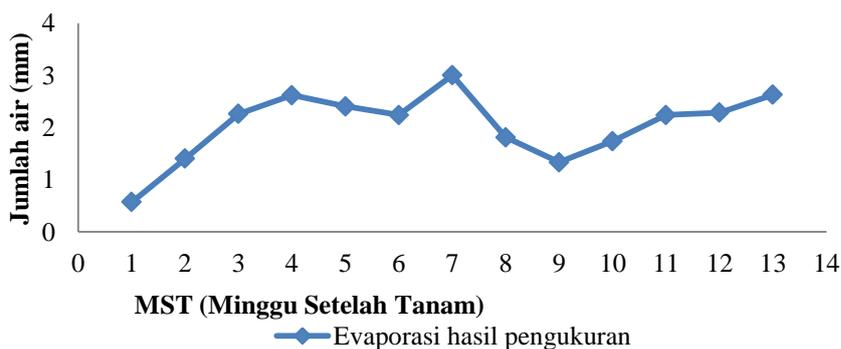
Tabel 5. Laju evaporasi setiap fase pertumbuhan

Umur Pertumbuhan	Evaporasi (mm/hari)
Pertumbuhan awal (0 sampai 15 hari)	1,00
Fase vegetatif aktif (16 sampai 30 hari)	2,58
Fase pembuahan (31 sampai 65 hari)	2,14
Fase pematangan biji (66 sampai 90 hari)	2,07

Tabel 5. menunjukkan bahwa evaporasi terbesar terjadi pada fase pematangan biji sebesar 2,07 mm/hari. Sedangkan nilai evaporasi terendah terjadi pada fase pertumbuhan awal sebesar 1,00 mm/hari. Nilai evaporasi pada fase vegetatif aktif dan fase pembuahan berturut-turut sebesar 2,58 mm/hari dan 2,14 mm/hari. Nilai evaporasi tanaman sangat dipengaruhi oleh suhu, besarnya suhu selama penelitian dapat dilihat pada Gambar 6. Sedangkan besarnya evaporasi tanaman ssetiap minggu setelah tanam (MST) dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Rata-rata suhu selama penelitian



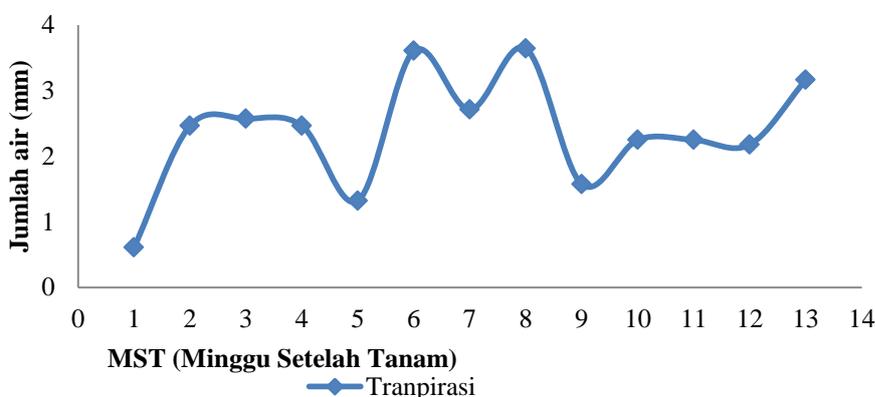
Gambar 7. Rata-rata evaporasi hasil pengukuran pada setiap MST

Gambar 7. menunjukkan besarnya rata-rata evaporasi hasil pengukuran pada setiap minggu setelah tanam (MST). Nilai evaporasi terkecil terdapat pada MST ke-1 sebesar 0,57 mm/hari dan nilai terbesar terdapat pada MST ke-7 sebesar 3 mm/hari. Nilai evaporasi pada MST ke-2 sampai MST ke-6 dan MST ke-8 sampai MST ke-13 berturut-turut sebesar 1,4 mm/hari, 2,26 mm/hari, 2,62 mm/hari, 2,4 mm/hari, 2,24 mm/hari, 1,81 mm/hari, 1,33 mm/hari, 1,74 mm/hari, 2,24 mm/hari, 2,29 mm/hari dan 2,63 mm/hari. Nilai rata-rata transpirasi untuk setiap fase pertumbuhan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata-rata transpirasi setiap fase pertumbuhan

Umur Pertumbuhan	Transpirasi (mm/hari)
Pertumbuhan awal (0 sampai 15 hari)	1,58
Fase vegetatif aktif (16 sampai 30 hari)	2,46
Fase pembuahan (31 sampai 65 hari)	2,65
Fase pematangan biji (66 sampai 90 hari)	2,21

Tabel 6. dapat dilihat besarnya transpirasi pada setiap fase pertumbuhan di lapangan. Transpirasi terbesar terjadi pada fase pembuahan dengan nilai sebesar 2,65 mm/hari. Sedangkan transpirasi terkecil terjadi pada fase pertumbuhan awal dengan nilai sebesar 1,58 mm/hari. Transpirasi yang terjadi pada fase vegetatif aktif dan fase pematangan biji berturut-turut yaitu 2,46 mm/hari dan 2,21 mm/hari. Pola perubahan besarnya nilai transpirasi linear dengan nilai evapotranspirasi tanaman pada setiap fase pertumbuhan. Rata-rata transpirasi setiap minggu setelah tanam (MST) dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Transpirasi aktual pada setiap MST

Gambar 8 menunjukkan rata-rata tranpirasi tanaman padi setiap minggu setelah tanam (MST). Pada awal MST tranpirasi meningkat setiap minggu selanjutnya dengan tranpirasi tertinggi terjadi pada MST ke-8 yaitu sebesar 3,64 mm/hari. Setealah MST ke-8 transpirasi cenderung menurun, setelah itu transpirasi cenderung stabil pada MST ke-10 sampai MST ke-12. Transpirasi meningkat kembali pada MST ke-13 sebesar 3,16 mm/hari.

PEMBAHASAN

Kebutuhan Air Neto Sawah Untuk Padi

Kebutuhan air irigasi adalah jumlah volume air yang diperlukan oleh tanaman untuk memenuhi kebutuhan evaporasi, kehilangan air, kebutuhan air untuk tanaman dengan memperhatikan jumlah yang disebabkan oleh alam melalui hujan dan kontribusi air tanah (Sosrodarsono *et al.*, 2006). Kebutuhan air irigasi adalah termasuk kehilangan air akibat evapotranspirasi atau *consumptive use*, ditambah dengan kehilangan air selama pemberian air. Kebutuhan air irigasi ditentukan oleh sumber irigasi yang ada, curah hujan efektif dan keadaan profil tanah (Susanawati dan Suharto, 2017).

Kebutuhan air irigasi atau *irrigation water need* (IN) sangat dipengaruhi oleh tahapan pertumbuhan tanaman (*growth stages*) karena memiliki nilai koefisien tanaman yang berbeda. Selain itu, evapotranspirasi aktual dan perkolasi yang diukur secara langsung di lapangan akan mempengaruhi besarnya kebutuhan air irigasi.

Pada Gambar 2. kebutuhan air neto tanaman mengalami peningkatan secara masif yang linear dengan besarnya evapotranspirasi hasil pengukuran lapangan sampai dengan MST ke-7. Namun pada MST ke-8 sampai MST ke-13 nilai evapotranspirasi cenderung

fluktuatif ditandai dengan menurunnya nilai kemudian meningkat lagi di MST selanjutnya. Hal ini tidak terjadi pada kebutuhan air neto tanaman yang mengalami peningkatan secara terus menerus. Ini disebabkan karena dalam perhitungan kebutuhan air neto tanaman di pengaruhi oleh besarnya perkolasi. Perkolasi yang terukur dilapangan mengalami peningkatan yang linear dengan kebutuhan air tanaman. Perkolasi yang terus meningkat dipengaruhi oleh suhu dan pola pengairan di lokasi tempat penelitian dimana pada MST ke-9 sampai MST ke-13 petakan lahan dikeringkan guna menjaga proses pematangan bulir padi. Pengeringan lahan ini berdampak pada laju perkolasi tanah yang semakin meningkat.

Evapotranspirasi Tanaman (E_T)

Evapotranspirasi tanaman adalah besarnya evapotranspirasi dengan kondisi pemberian air terbatas untuk memenuhi pertumbuhan. Sedangkan evapotranspirasi prediksi adalah besarnya evapotranspirasi dengan jumlah air yang tersedia tidak terbatas untuk memenuhi pertumbuhan optimum atau evapotranspirasi dari permukaan tanaman acuan yang tumbuh dengan pengairan yang cukup.

Berdasarkan Tabel 2. menunjukkan bahwa nilai evapotranspirasi tanaman yang terbesar terdapat pada umur pertumbuhan yaitu umur pertumbuhan 31 sampai 65 hari. Hal ini dikarenakan bahwa kebutuhan air pada fase pembuahan memiliki kebutuhan air yang lebih besar dibandingkan dengan fase pertumbuhan awal dan vegetatif aktif kemudian menurun kembali memasuki fase pematangan biji. Faktor iklim yang berpengaruh adalah suhu, kelembaban udara, kecepatan angin serta radiasi matahari dan garis lintang (Fuadi, 2016). Sajiwo (2017) menyatakan bahwa pada periode awal, evapotranspirasi lebih rendah karena tanaman masih kecil sehingga luas permukaan tanaman untuk melakukan penguapan lebih kecil, sedangkan pada fase pembuahan merupakan fase pertumbuhan maksimal dan pada masa pematangan buah tanaman padi sudah masa tua yang kurang produktif dan proses metabolisme sudah mulai melambat sehingga kebutuhan airnya berkurang.

Fase pembuahan sampai dengan tahap pembungaan dibutuhkan air dalam jumlah banyak, sedangkan pada fase pematangan buah yaitu pada saat gabah matang penuh, keras dan berwarna kuning ditandai dengan daun bagian atas mulai mengering dengan cepat sehingga kebutuhan air pada tahap ini semakin berkurang. Suhu merupakan salah satu faktor iklim yang sangat berpengaruh terhadap besarnya evapotranspirasi tanaman hasil pengukuran di lapangan

Dari Gambar 3. dan Gambar 4 dapat dilihat hubungan antara suhu rata-rata setiap minggu setelah tanam (MST) dengan nilai evapotranspirasi hasil pengukuran selama pengamatan. Apabila suhu rata-rata mingguan meningkat maka nilai evapotranspirasi juga akan meningkat. Pada MST ke-1 nilai evapotranspirasi cenderung lebih kecil dari pada suhu yang lebih tinggi, ini dikarenakan pada MST ini tanaman padi mengalami transpirasi sangat kecil karena sebagian besar berasal dari evapotranspirasi tanah. Namun, pada MST ke-2 sampai ke-13 grafik suhu rata-rata dan evapotranspirasi mengalami peningkatan dan penurunan secara linear.

Koefisien Tanaman (K_c)

Nilai koefisien tanaman pada setiap varietas dan lokasi yang berbeda akan memiliki koefisien tanaman yang berbeda pada fase pertumbuhan yang sama. Menurut Sosrodarsono dan Takeda (2006), beberapa nilai K_c pada tanaman padi sawah yang besaran nilainya bervariasi tergantung pada lokasi, musim, varietas, pengelolaan tanaman dan cuaca. Namun, umumnya mempunyai kecenderungan yang sama dalam hal besarnya nilai koefisien tanaman sesuai dengan proses pertumbuhannya, pada fase pertumbuhan awal (0 sampai 15 hari) nilai K_c lebih kecil, kemudian meningkat pada pertengahan pertumbuhan dan kembali menurun di akhir masa pertumbuhan. Nilai K_c yang telah diukur berbanding

lurus dengan besarnya evapotranspirasi hasil pengukuran (ET_c). Semakin besar nilai ET_c maka nilai K_c juga semakin besar begitupun sebaliknya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Allen (2006) bahwa koefisien tanaman (K_c) ialah perbandingan antara besarnya evapotranspirasi hasil pengukuran (ET_c) dengan evapotranspirasi prediksi (ET_o) pada kondisi pertumbuhan tanaman yang tidak terganggu.

Fase pertumbuhan awal berlangsung hingga 15 HST. Pada fase ini, luas tanaman tidak besar, sehingga nilai evapotranspirasi terbesar berasal dari nilai evaporasi tanah (Allen *et al.*, 2006). Pada fase ini, K_c tanaman padi memiliki nilai terkecil.

Pada fase vegetatif aktif, nilai K_c tidak hanya dipengaruhi oleh evaporasi tanah, tetapi juga oleh transpirasi tanaman yang linear dengan perkembangan pertumbuhan tanaman. Pertumbuhan tanaman dapat terlihat dari jumlah anakan yang terbentuk. Oleh sebab itu nilai K_c cenderung meningkat dari fase pertumbuhan sebelumnya (Allen *et al.*, 2006). Pada fase pematangan proses pembentukan dan pengisian bulir terjadi secara intensif. Kebutuhan air meningkat secara signifikan sehingga fase ini memiliki K_c terbesar dibandingkan dengan fase pertumbuhan lainnya.

Pada fase pematangan buah, 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 laju transpirasi tidak seintensif yang terjadi pada fase lain karena mekanisme pembukaan stomata untuk keperluan respirasi tetap terjadi (Allen *et al.*, 2006).

Perkolasi

Gambar 5. menunjukkan bahwa rata-rata perkolasi tanaman padi meningkat secara masif dari MST ke-1 sampai MST ke-13. Hal ini disebabkan, pola pengairan di lahan PT. Buyung Poetra Pangan dilakukan secara berbeda sesuai dengan umur tanaman. Bejana percobaan untuk mengukur perkolasi yang diletakkan di tengah lahan sawah dipengaruhi oleh pola pengairan di sawah tersebut. Jika air di dalam petak sawah dikurangi, maka akumulasi perkolasi di dalam bejana akan meningkat. Pada saat penelitian, terdapat beberapa periode waktu dimana lahan di petakan sawah dikeringkan. Hal ini berkaitan dengan proses pencucian senyawa pirit yang ada di dalam petakan sawah. Pencucian senyawa pirit dilakukan dengan cara membuang air yang telah terkontaminasi senyawa pirit, kemudian diganti dengan air baru, baik dari air hujan ataupun air sungai yang disuplai masuk kedalam petakan sawah. Proses pencucian ini mempengaruhi akumulasi perkolasi didalam petakan lahan, karena berkaitan dengan kejenuhan tanah dan permeabilitas tanah. Pada fase pematangan buah, petakan lahan dikeringkan atau diisi suplai air di lahan PT. Buyung Poetra Pangan. Hal ini mengakibatkan akumulasi perkolasi tanah di fase pematangan buah lebih besar dari pada fase-fase sebelumnya dan cenderung meningkat. Menurut Darajat (2017), Perkolasi yang berlangsung secara vertikal merupakan kehilangan air ke lapisan tanah yang lebih dalam, sedangkan yang berlangsung secara horizontal merupakan kehilangan air ke arah samping.

Evaporasi dan Transpirasi

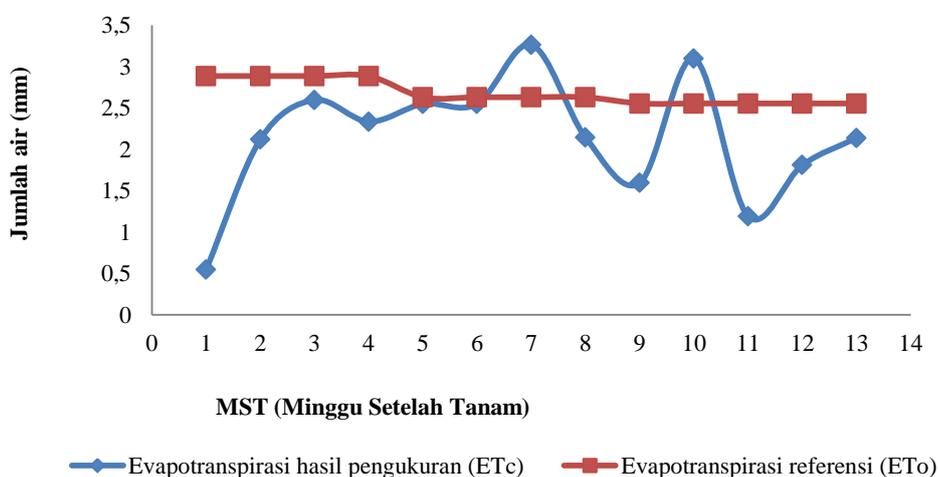
Evaporasi merupakan penguapan air dari permukaan air terbuka ke udara. Permukaan air yang tenang dan tidak bergelombang, laju penguapan akan tergantung pada suhu dan tekanan uap air pada permukaan air, dan akumulasi evaporasi sebanding dengan perbedaan tekanan uap air antara permukaan atasnya. Sedangkan transpirasi adalah suatu proses ketika air diuapkan ke udara dari permukaan daun atau tajuk vegetasi (Darajat, 2017).

Gambar 7 dan Gambar 8 menunjukkan nilai evaporasi dan transpirasi tanaman padi pada setiap minggu setelah tanam. Rata-rata evaporasi dan transpirasi setiap MST fluktuatif karena dipengaruhi oleh faktor cuaca dan iklim pada saat tersebut. Pada MST ke-

1 sampai ke-13 nilai evaporasi dan transpirasi cenderung meningkat, karena dilihat dari data Klimatologi, besarnya kelembaban rata-rata dan curah hujan bulanan menurun. Sedangkan, besarnya suhu rata-rata dan lama penyinaran cenderung meningkat dari bulan April sampai Juni. Besarnya suhu rata-rata bulanan pada bulan April sampai Juni berturut-turut adalah, 27,69 °C, 28,92 °C dan 27,87 °C. Lama penyinaran matahari bulanan dari bulan April sampai Juni berturut-turut adalah 4,94 jam, 5,55 jam dan 5,56 jam (BMKG, 2019).

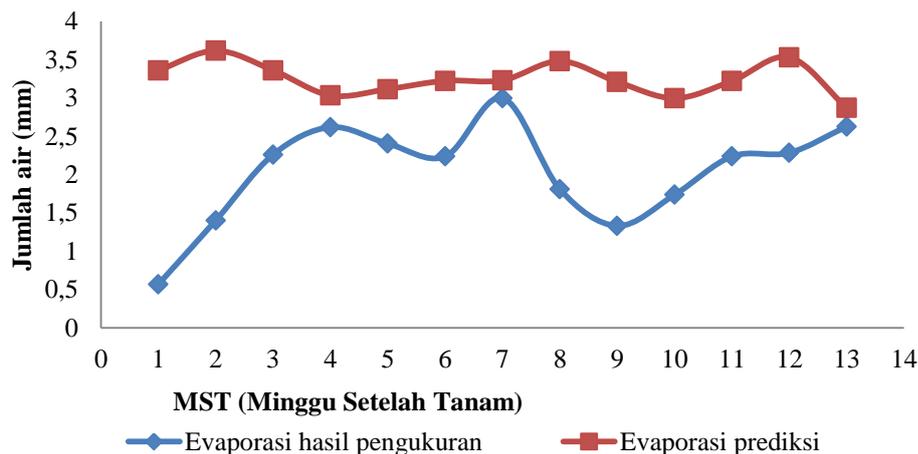
Analisis Evapotranspirasi Hasil Pengukuran, Evapotranspirasi Prediksi, Evaporasi Hasil Pengukuran dan Evaporasi Prediksi

Evapotranspirasi dan evaporasi prediksi perlu dihitung dari data meteorologi agar dapat mempertajam analisis hasil pengukuran lapangan nilai evapotranspirasi dan evaporasi. Berdasarkan data evapotranspirasi dan evaporasi yang telah diukur di lapangan dan data evapotranspirasi dan evaporasi prediksi hasil perhitungan diperoleh perbandingan yang dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Perbandingan rata-rata hasil pengukuran Evapotranspirasi setiap minggu dengan evapotranspirasi prediksi

Gambar 9 menunjukkan perbandingan antara nilai evapotranspirasi tanaman (ET_c) hasil pengukuran langsung di lapangan dengan nilai evapotranspirasi prediksi (ET_o). Pengukuran evapotranspirasi prediksi dihitung dengan mengolah data dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Kenten menggunakan persamaan Penman. Nilai evapotranspirasi prediksi dapat dilihat cenderung sama di setiap MST. Hal ini dikarenakan, dalam menghitung ET_o dilakukan dalam setiap bulan. Nilai evapotranspirasi prediksi berturut-turut sebesar 2,88 mm/hari, 2,62 mm/hari dan 2,55 mm/hari. Sedangkan nilai evapotranspirasi hasil pengukuran sangat beragam, mulai dari MST ke-1 sampai MST ke-14. Nilai evapotranspirasi hasil pengukuran tertinggi terdapat pada MST ke-7 sebesar 3,26 mm/hari sedangkan evapotranspirasi terendah terdapat pada MSR ke-1 sebesar 0,55 mm/hari. Perbandingan evaporasi hasil pengukuran setiap MST dengan hasil perhitungan evaporasi prediksi dapat dilihat pada Gambar 10.

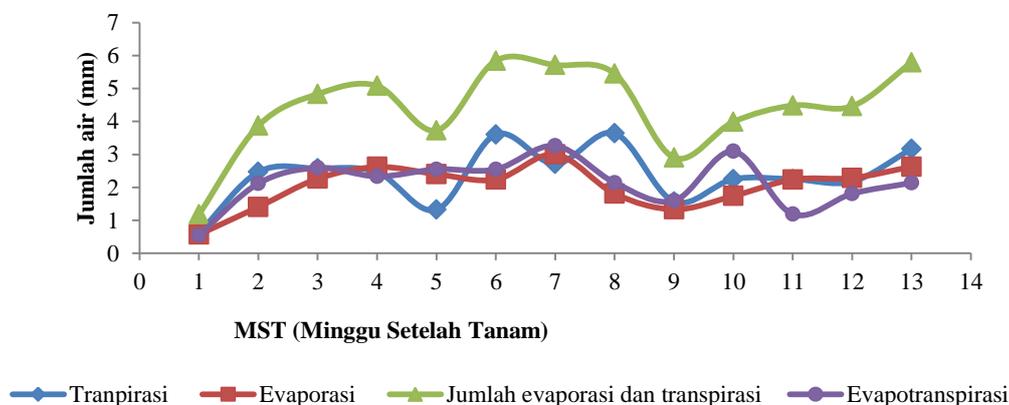


Gambar 10. Perbandingan evaporasi hasil pengukuran setiap minggu dengan evaporasi prediksi

Gambar 10 menunjukkan perbandingan antara evaporasi hasil pengukuran langsung dengan evaporasi prediksi yang dihitung dari data BMKG Kenten dari tahun 2009 sampai 2018 menggunakan persamaan Penman. Berdasarkan perhitungan data meteorologi, nilai evaporasi prediksi cenderung lebih besar dari evaporasi hasil pengukuran. Tingginya nilai evaporasi prediksi yang ada, disebabkan oleh masih terdapatnya kesalahan variabel yang ada dalam persamaan Penman. Linacre (1977) menyatakan bahwa persamaan Penman masih belum memberikan cakupan terhadap akumulasi pemanasan media tanam dan lama penyinaran tetapi apabila dibandingkan dengan persamaan evaporasi yang lain, Penman merupakan persamaan yang memiliki variabel iklim yang lengkap dan aplikatif terhadap semua kondisi iklim.

Hubungan Antara Evaporasi, Transpirasi dan Evapotranspirasi Hasil Pengukuran

Evapotranspirasi merupakan jumlah dari besarnya nilai evaporasi dan transpirasi pada suatu lahan. Pada penelitian, pengukuran transpirasi, evaporasi dan evapotranspirasi dilakukan secara terpisah untuk mendapatkan nilai dari masing-masing data. Transpirasi dan evaporasi dihitung untuk membuktikan apakah jumlah antaranya keduanya sama dengan hasil pengukuran nilai evapotranspirasi. Perbandingan besarnya jumlah transpirasi dan evaporasi dengan nilai evapotranspirasi dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Perbandingan jumlah evaporasi dan transpirasi dengan evapotranspirasi aktual pengukuran di lapangan

Gambar 11. menunjukkan perbandingan antara jumlah evaporasi dan transpirasi di lapangan dengan evapotranspirasi hasil pengukuran. Perbandingan tersebut menunjukkan bahwa jumlah evaporasi dan transpirasi di lapangan tidak sama dengan besarnya evapotranspirasi tanaman (ET_c) yang telah diukur. Terdapat margin yang cukup besar dari nilai keduanya. Hal ini disebabkan oleh berbagai faktor, yaitu luas tajuk padi dalam bejana, modifikasi bejana yang masih sederhana, dan kebocoran pada bejana dari penempelan kertas ukur. Tanaman padi yang terdapat dalam bejana percobaan transpirasi dan evapotranspirasi di lapangan memiliki luas tajuk yang berbeda dapat dilihat. Dapat dilihat bahwa luas tajuk tanaman padi di dalam bejana untuk mengukur transpirasi lebih luas dibandingkan dengan tanaman padi di dalam bejana untuk mengukur evapotranspirasi. Semakin luas tajuk tanaman padi, maka nilai transpirasi yang terjadi juga akan semakin besar begitupun sebaliknya. Selain itu, pada modifikasi bejana untuk transpirasi, lapisan kedap yang terdapat di dalam bejana untuk menghalangi terjadinya proses evaporasi masih belum berfungsi secara optimal. Hal dikarenakan, pada lapisan kedap tersebut terdapat lubang dibagian tengah untuk tempat tanaman padi tumbuh ke atas. Lubang tersebut masih memungkinkan terjadinya evaporasi sehingga mempengaruhi besarnya nilai transpirasi. Faktor terakhir yaitu terdapat kebocoran pada bejana percobaan. Hal ini mungkin terjadi kebocoran halus yang tidak diketahui oleh penulis sehingga air yang hilang akibat kebocoran terhitung sebagai nilai transpirasi.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian di lahan PT. Buyung Poetra Pangan adalah kebutuhan air neto untuk tanaman padi untuk fase pertumbuhan awal, fase vegetatif aktif, fase pembuahan dan fase pematangan biji berturut-turut adalah 1,05 mm/hari, 4,64 mm/hari, 11,2 mm/hari dan 18,72 mm/hari. Nilai koefisien (K_c) tanaman padi untuk fase pertumbuhan awal, fase vegetatif aktif, fase pembuahan dan fase pematangan biji berturut-turut adalah 0,43; 0,89; 1,01 dan 0,62.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith D. 2006. *FAO Irrigation And Drainage Paper No. 56: Crop Evapotranspiration (Guidelines for Computing Crop Water Requirements)*. Rome (IT): FAO of UN. 42-64.
- Arif C, Setiawan BI, Sofiyuddin HA, Martief LM, Mizoguchi M, Doi R. 2012. Estimating crop coefficient in intermittent irrigation paddy fields using excel solver. *Rice Science*. 19(2): 143.
- Darajat AR, Nurrochmad F, Jayadi R. 2017. Analisis Efisiensi Saluran Irigasi di Daerah Irigasi Boro Kabupaten Purworejo, Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal INERSIA*. 13(2):154-156.
- Fuadi NA, Purwanto MYJ, Tarigan SD. 2016. Kajian Kebutuhan Air dan Produktivitas Air Padi Sawah dengan Sistem Pemberian Air secara SRI dan Konvensional Menggunakan Irigasi Pipa. *Jurnal Irigasi*. 11(1): 23-32.
- Harsono, E. 2005. *Prospek Pengembangan Daerah Rawa di Indonesia, Enam Puluh Tahun*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Kar G, Kumar A, Martha M. 2007. Water use efficiency and crop coefficients of dry season oilseed crops. *Agricultural Water Management*. 1(1):87-74.
- Kementerian Pertanian. 2017. *Basis Data Ekspor-Impor Komoditi Pertanian*. Jakarta: Kementrian Pertanian Republik Indonesia.
- Linacre ET. 1977. A Simple Formula for Estimating Evaporation Rates in Various Climates, Using Temperature Data Alone. *Agricultural Meteorology*. 18(6):409-424.

- Priyonugroho A. 2014. Analisis Kebutuhan Air Irigasi (Studi Kasus pada Daerah Irigasi Sungai Air Keban Daerah Kabupaten Empat Lawang). *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. 2(3):457-470.
- Sajiwo I, Sumono, Harahap LA. 2017. Penentuan Nilai Evapotranspirasi dan Koefisien Tanaman Beberapa Varietas Unggul di Rumah Kaca Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian*. 5(2):370-374.
- Soewarno. 2010. *Hidrologi Operasional*. Bandung : Citra Aditya Bakti.
- Sofiyuddin HA, Matrief BI, Setiawan C, Arif. 2012. Evaluasi Koefisien Tanaman Padi Berdasarkan Konsumsi Air pada Lahan Sawah. *Jurnal Irigasi*. 7(2):127.
- Sosrodarsono S, Takeda K. 2006. *Hidrologi untuk Pengairan Cetakan ke-X*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Subagyono K, Verplancke H. 2001. Dynamic Behavior of Soil in Water a Sandy Loam Soil Under Irrigated Corn. *Indonesian Journal*. 1(1):17-24.
- Sumadiyono A. 2011. Analisis Efisiensi Pemberian Air di Jaringan Irigasi Kurau Kabupaten Barito Timur Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Keteknikan Pertanian*. 1:1.
- Suryani S, Rambe M, Honorita B. 2011. Perilaku Petani dalam Usahatani Padi di Lahan Rawa Lebak. *Prosiding Seminar Nasional Budidaya Pertanian*. Bengkulu: BPTP Bengkulu.
- Susanawati LD, Suharto B. 2017. Kebutuhan Air Tanaman untuk Penjadwalan Irigasi pada Tanaman Padi di Desa Selerejo. *Jurnal Irigasi*. 12(2):109-118.