

Analisis Evapotranspirasi dan Neraca Air Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) menggunakan *Cropwat* 8.0

Analysis of Evapotranspiration and Water Balance of Corn (*Zea mays* L.) using *Cropwat* 8.0

Silviana Yuan Arista¹, Dewi Fortuna¹, Yulfita Farni^{2*}

¹ Jurusan Teknologi Pertanian, Prodi Teknik Pertanian, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia.

^{2*} Jurusan Agroekoteknologi, Prodi Agroekoteknologi, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia.

Email*): yulfitafarni@unja.ac.id

Received:
17 Desember
2026

Revised:
4 Maret 2026

Accepted:
9 Maret 2026

Published:
29 Maret 2026

DOI:
10.29303/jrpb.v
14i1.1217

ISSN 2301-8119,
e-ISSN 2443-
1354

Available at:
<http://jrpb.unram.ac.id/>

Abstract: *Cropwat* 8.0 is a software that functions to estimate the needs of plant water and irrigation. This device performs its calculations by analyzing data on soil type, climate conditions, and the characteristics of certain plants. This study was designed to analyze evapotranspiration and water balance in corn plants (*Zea mays* L.). This analysis is important to analyzing evapotranspiration, water balance, and determining the optimal planting pattern of corn (*Zea mays* L.) in Rengas village, Bandung Muaro Jambi Regency, using the *Cropwat* 8.0 application. This research was carried out using quantitative methods with several research stages to be carried out. The research results showed that the highest ETo value was in March at 104,97 mm/month, while the lowest ETo was in June at 85,69 mm/month. The average annual ETo was 1136,08 mm/month. The results of the water balance analysis show a water surplus throughout the year, namely from January to December, where the average monthly rainfall in Rengas Village, Bandung, Muaro Jambi Regency for the period 2013-2022 is between 130,4-305,8 mm, exceeding the evapotranspiration value between 2,99-3,86 mm/day, so the availability of water in corn plants is sufficient. The corn planting pattern carried out in Rengas Village, Bandung, Muaro Jambi Regency, planting in May and harvesting in early September is suitable based on simulations using the *Cropwat* 8.0 application to analyze evapotranspiration and water balance of corn plants (*Zea mays* L.).

Keywords: Corn; *Cropwat* 8.0; Crop Water Requirements; Evapotranspiration; Water Balance.

Abstrak: *Cropwat* 8.0 merupakan sebuah perangkat lunak yang berfungsi untuk mengestimasi kebutuhan air tanaman dan irigasi. Perangkat ini melakukan perhitungannya dengan menganalisis data mengenai jenis tanah, kondisi iklim, dan sifat-sifat spesifik tanaman. Dengan demikian, *Cropwat* 8.0 membantu pengguna dalam merencanakan dan mengelola penggunaan air secara efisien untuk pertanian. Penelitian ini dirancang untuk menganalisis evapotranspirasi, neraca air, dan menentukan pola tanam optimal tanaman jagung (*Zea mays* L.) di Desa Rengas Bandung, Kabupaten Muaro Jambi, menggunakan aplikasi *Cropwat* 8.0. Penelitian ini dilakukan dengan metode kuantitatif dengan beberapa tahapan penelitian yang akan dilakukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai ETo paling tinggi pada bulan Maret sebanyak 104,97 mm/bulan, sementara ETo paling rendah pada bulan Juni sebanyak 85,69 mm/bulan. Rata-rata ETo tahunan adalah 1136,08 mm/bulan. Hasil analisis neraca air menunjukkan surplus air sepanjang tahun yakni pada bulan Januari sampai Desember jumlah rata-rata curah hujan bulanan Desa Rengas Bandung Kabupaten Muaro Jambi periode tahun 2013-2022 antara 130,4-305,8 mm melebihi nilai evapotranspirasi antara 86,69-104,97 mm/bulan maka ketersediaan air pada tanaman jagung tercukupi. Pola tanam jagung yang dilakukan di Desa Rengas Bandung Kabupaten Muaro Jambi penanaman pada bulan Mei kemudian panen pada awal bulan September cocok dilakukan berdasarkan simulasi menggunakan aplikasi *Cropwat* 8.0 untuk menganalisis evapotranspirasi dan neraca air tanaman jagung (*Zea mays* L.).

Kata Kunci: *Cropwat* 8.0; Evapotranspirasi; Jagung; Kebutuhan Air; Neraca Air.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Jagung merupakan komoditas palawija utama di Indonesia. Perannya sangat multifaset, tidak hanya menjadi sumber pangan penting bagi konsumsi manusia, tetapi juga menjadi bahan baku krusial dalam produksi pakan ternak. Selain itu, jagung dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar di berbagai sektor, seperti makanan, minuman, tepung, minyak, dan lain-lain (Bahrun et al., 2019). Jagung juga merupakan komoditas yang diminta di pasar dunia, Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat Indonesia melakukan ekspor jagung sebesar 162.033 ton pada 2022.

Kabupaten Muaro Jambi merupakan sentra produksi jagung di Provinsi Jambi. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, produksi jagung di Provinsi Jambi mengalami peningkatan sebesar 123%, yaitu dari 4.725 ton pada tahun 2023 menjadi 10.531 ton pada tahun 2024 (Badan Pusat Statistik, 2025). Dengan luas tanam jagung mencapai 2.339 ha (Badan Pusat Statistik, 2024) di Kabupaten Muaro Jambi, irigasi lahan sepenuhnya mengandalkan curah hujan sebab didominasi oleh lahan kering tadah hujan (Primilestari et al., 2021). Tanaman jagung (*Zea mays* L.) sangat rentan terhadap cekaman kekeringan. Kondisi ini menghambat fotosintesis dan metabolisme, serta menghambat pembentukan sel, berdampak negatif pada pertumbuhan fisiologisnya (Nelissen et al., 2018). Pengelolaan air yang efektif memerlukan pendekatan optimal, yang mencakup penyaluran air secara tepat waktu, dalam jumlah yang akurat, dan diarahkan pada sasaran yang sesuai (Triyono et al., 2012).

Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menghitung kebutuhan air tanaman jagung agar persediaan air mencukupi kebutuhan tanaman (Bahrun et al., 2019). Air dibutuhkan oleh tanaman untuk menggantikan air yang hilang melalui proses transpirasi dan evaporasi, yang secara kolektif umumnya disebut dengan evapotranspirasi. Kesetimbangan antara air yang masuk ke dalam tanah dan air yang hilang melalui proses evapotranspirasi dapat ditunjukkan dalam neraca air. Neraca masukan dan keluaran air di suatu wilayah selama jangka waktu tertentu disebut neraca air, dan memungkinkan penghitungan jumlah kelebihan atau kekurangan air. Penentuan waktu tanam jagung perlu didasarkan pada analisis neraca air agar kebutuhan air tanaman sejak fase awal pertumbuhan hingga fase reproduksi dapat terpenuhi (Paski et al., 2018). Analisis tersebut memerlukan informasi yang akurat mengenai kebutuhan air tanaman (*Crop Water Requirement-CWR*), khususnya pada setiap fase pertumbuhan. Namun, informasi mengenai kebutuhan air tanaman jagung per fase pertumbuhan di Desa Rengas Bandung, Kabupaten Muaro Jambi, masih terbatas dan belum didukung oleh pendekatan kuantitatif berbasis data agroklimat lokal. Padahal, wilayah ini memiliki karakteristik curah hujan tropis dengan distribusi yang tidak merata sepanjang tahun, sehingga berpotensi menimbulkan periode surplus maupun defisit air pada fase pertumbuhan tertentu. Keterbatasan informasi spesifik lokasi tersebut menyebabkan pengelolaan air dan penentuan pola tanam jagung belum sepenuhnya mempertimbangkan dinamika neraca air aktual di tingkat lapangan.

Kebaruan penelitian ini terletak pada pendekatan kuantitatif berbasis simulasi yang dilakukan secara spesifik di Desa Rengas Bandung, Kabupaten Muaro Jambi, menggunakan data iklim deret waktu selama 10 tahun (2013-2022) untuk menduga evapotranspirasi dan neraca air tanaman jagung. Berbeda dengan studi sebelumnya yang umumnya bersifat umum atau berbasis musim tanam tunggal, penelitian ini mengintegrasikan simulasi menggunakan perangkat lunak *Cropwat 8.0* dengan menganalisis pola tanam aktual petani setempat. Pendekatan ini memungkinkan evaluasi kesesuaian pola tanam lokal terhadap kondisi neraca

air jangka panjang, sehingga menghasilkan rekomendasi yang lebih kontekstual dan berbasis data klimatologis representatif.

Divisi Pengembangan Tanah dan Air FAO menciptakan *Cropwat 8.0* untuk membantu pengambil keputusan dalam membuat rencana tanam yang optimal dan meningkatkan produksi pertanian (Smith, 1992). *Cropwat 8.0* mengimplementasikan metode *Penman-Monteith* untuk menghitung evapotranspirasi standar (ET_o), yang diakui secara internasional sebagai metode paling akurat dalam berbagai kondisi iklim (Allen et al., 1998). Selain itu, aplikasi ini mendukung analisis neraca air tanah dan memungkinkan perencanaan irigasi yang tepat guna, terutama di wilayah dengan ketersediaan air terbatas seperti lahan tadah hujan (Abdullahi, 2018). Pendekatan integratif antara estimasi kebutuhan air tanaman dan analisis neraca air lokal memberikan evaluasi pola tanam yang lebih spesifik lokasi. Penelitian ini bertujuan untuk menduga evapotranspirasi dan menghitung besarnya neraca air pada tanaman jagung (*zea mays. L*) sehingga dapat diketahui wilayah penelitian mengalami surplus atau defisit air. Berdasarkan hasil tersebut, maka dapat memperkirakan periode penanaman jagung.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis evapotranspirasi, neraca air, dan menentukan pola tanam optimal tanaman jagung (*Zea mays L.*) di Desa Rengas Bandung, Kabupaten Muaro Jambi, menggunakan aplikasi *Cropwat 8.0*.

METODE PENELITIAN

Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei-Agustus 2024. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif yang bertujuan untuk menduga evapotranspirasi menggunakan metode *Penman-Monteith* serta menghitung neraca air dengan metode *Thornthwaite and Mather* pada tanaman jagung di Desa Rengas Bandung Kabupaten Muaro Jambi. Lokasi penelitian dipilih karena belum adanya kajian neraca air tanaman berbasis integrasi *Cropwat* dan metode *Thornthwaite and Mather* di wilayah tersebut, sehingga penelitian ini memberikan evaluasi pola tanam berbasis kondisi neraca air lokal.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini, yaitu laptop yang terintegrasi dengan perangkat lunak *Microsoft Word 2016*, *Microsoft Excel 2016*, dan *Cropwat 8.0 for windows*. Untuk analisis sifat fisika tanah digunakan satu set alat pF (kurva retensi Air) dan neraca analitik dengan akurasi dua desimal, *Pressure Plate Extractor* pada tekanan 1 bar dan *Pressure Membrane Extraction* pada 15 bar, manometer untuk mengukur tekanan udara, mesin kompresor udara dengan kapasitas 20 bar/atmosfer, dan Oven. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder pendukung pelaksanaan penelitian berupa data iklim periode Tahun 2013-2022 yang meliputi curah hujan, suhu rata-rata, kelembapan udara, lama penyinaran matahari, dan kecepatan angin. Data iklim ini bersumber dari Stasiun Klimatologi Jambi. Penggunaan data periode 2013-2022 dipilih karena ketersediaan data iklim yang lengkap dan konsisten serta dianggap *representative* untuk analisis klimatologis jangka menengah.

Metode

Parameter Penelitian

Pendugaan jumlah air yang diperlukan tanaman jagung dengan menggunakan program *Cropwat 8.0* menjadi parameter penelitian. Evapotranspirasi standar (ET_o), evapotranspirasi tanaman, curah hujan efektif (*P_{eff}*), kapasitas lapang dan titik layu permanen, dan koefisien tanaman (K_c) untuk setiap fase pertumbuhan disertakan dalam database yang diproses menggunakan *Cropwat 8.0*.

Analisis Data

Analisis Evapotranspirasi (Metode Penman-Monteith)

Evapotranspirasi (ET_o) dihitung menggunakan *Cropwat 8.0* melalui bilah *Climate/ET_o*. Data geografis yang diinput untuk perhitungan ini meliputi negara: Indonesia, dengan koordinat lintang 1°36'02.4"LS dan bujur 103°29'40.4"BT, elevasi: 25 meter di atas permukaan laut, data iklim selama periode Tahun 2013-2022 meliputi suhu rerata, kelembapan relatif, durasi penyinaran matahari, dan kecepatan angin.

Uji Konsistensi Data Curah Hujan Metode Rescaled Adjusted Partial Sums (RAPS)

Data curah hujan rata-rata bulanan selama Tahun 2013-2022. Tahapan dimulai dengan menghitung selisih setiap data terhadap rata-rata, lalu dijumlahkan secara bertahap untuk membentuk nilai kumulatif. Nilai kumulatif ini kemudian disesuaikan (diperkecil atau dibesarkan) agar lebih mudah dibandingkan, inilah yang disebut penskalaan ulang. Selanjutnya dihitung nilai Q dan R hitung, yang kemudian dibandingkan dengan nilai Q dan R Tabel. Data dikatakan konsisten jika $Q\sqrt{n}$ hitung < $Q\sqrt{n}$ Tabel dan $R\sqrt{n}$ hitung < $R\sqrt{n}$ Tabel.

Analisis Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif (*P_{eff}*) diperoleh dari proses input data curah hujan bulanan 10 tahun (2013-2022) dari stasiun pencatatan hujan Klimatologi Jambi. Penghitungan curah hujan efektif menggunakan metode Konservasi Tanah *United States Department of Agriculture Soil Conservation Service* (USDA SCS) secara otomatis diinterpolasi menjadi perhitungan harian, dekade, dan bulanan pada program aplikasi *Cropwat 8.0*

Menghitung Kadar Air Kapasitas Lapang Dan Titik Layu Permanen

Sampel tanah dianalisis menggunakan metode *Pressure Plate Apparatus*, prosedur penetapan kadar air kapasitas lapang (KL) pada pF 2,54 dan kadar air titik layu permanen (TLP) pada pF 4,2. Kadar air dinyatakan dalam persen volume (% v/v). Data yang diperoleh selanjutnya disesuaikan dengan hasil input data tanah pada *Cropwat 8.0*.

Analisis Data Tanaman (Crop) Jagung

Bilah *Crop* digunakan untuk memasukkan data tanaman pada perangkat lunak *Cropwat 8.0*. Data yang dibutuhkan meliputi jenis tanaman (*Crop Name*), tanggal tanam (*planting date*), dan data yang menjadi dasar penelitian ini mencakup tanaman jagung (*Maize*) dari database *Cropwat 8.0*.

Analisis Neraca Air Tanaman

Penelitian ini menggunakan dua pendekatan dalam analisis kebutuhan air dan neraca air tanaman. Estimasi evapotranspirasi dan kebutuhan air tanaman dilakukan menggunakan *Cropwat 8.0*. Hasil perhitungan tersebut selanjutnya digunakan dalam analisis neraca air menggunakan metode *Thornthwaite and Mather* (Thornthwaite & Mather, 1957) untuk

mengidentifikasi kondisi surplus dan defisit air sebagai dasar penentuan pola tanam jagung. Seluruh analisis neraca air dilakukan pada skala bulanan (mm/bulan). Data harian yang tersedia terlebih dahulu diakumulasikan menjadi data bulanan untuk menjaga konsistensi satuan. Tahapan yang dilalui dalam pengolahan dan analisis neraca air menggunakan metode *Thronwaite and Mather* meliputi:

- 1) Menghitung perbedaan mutlak pada rerata curah hujan bulanan dari Stasiun Klimatologi Jambi periode 2013-2022 dan evapotranspirasi standar (ET_o) yang telah dihitung melalui persamaan metode *Penman Monteith* pada *Cropwat 8.0*.
- 2) Melakukan perhitungan selisih hujan (P) dan evapotranspirasi potensial (ET_p). Koefisien tanaman (K_c) dan nilai evapotranspirasi acuan (ET_o) menentukan nilai evapotranspirasi (ET_a).
- 3) Menghitung *accumulated potential water losses* (APWL), digunakan saat CH < ET_o, yaitu saat terjadi kehilangan air secara akumulatif dari tanah.
- 4) Menghitung besarnya air tersedia selisih antara KL dan TLP.
 $AT = KL - TLP$(1)

Dimana:

AT= Air Tersedia

KL= Kapasitas Lapang

TLP= Titik Layu Permanen

- 5) Nilai KAT dianggap sama dengan KL jika tidak terjadi defisit.
- 6) Menghitung dKAT (Perubahan Kadar Air Tanah). Perubahan KAT dari bulan sebelumnya.
- 7) Menghitung ETA (evapotranspirasi aktual). Jika CH > ET_o, maka ETA = ET_o, karena ETA mencapai nilai maksimum. Jika CH < ET_o, maka
 $ETA = CH + |dKAT|$(2)

Dimana:

ETA= Evapotranspirasi Aktual (mm)

CH= Curah Hujan (mm)

dKAT= Perubahan Kadar Air Tanah (mm)

- 8) Menghitung defisit (D)
 $Defisit = ET_o - ETA$(3)

Dimana:

Defisit= Kekurangan Air (mm)

ET_o= Evapotranspirasi Standar (mm)

- 9) Menghitung surplus air (S). Jika CH > ET_o dan kapasitas tanah sudah penuh (KAT = KL), maka kelebihan air dihitung sebagai surplus selama kelembapan tanah sudah mencapai maksimum.
 $Surplus = CH - ET_o$(4)

Dimana:

Surplus= Kelebihan Air (mm)

CH= Curah Hujan (mm)

ET_o= Evapotranspirasi Standar (mm)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Evapotranspirasi

Data iklim yang telah diinput selama 10 tahun (2013-2022) pada Stasiun Klimatologi Jambi pada *icon Climate/ET_o Cropwat 8.0* ditunjukkan pada Tabel 1. Data klimatologi yang

dicantumkan berupa suhu rata-rata, kelembapan udara, kecepatan angin dan lama penyinaran matahari.

Tabel 1. Evapotranspirasi Standar (ETo)

Bulan	Suhu Rata-rata °C	Kelembapan Udara %	Kecepatan Angin Km/hari	Lama Penyinaran Matahari jam	Energi Radiasi MJ/m ² /hari	ETo mm/bulan
Jan	26,57	85,93	1,01	3,27	14,6	92,76
Feb	29,49	85,73	1,05	3,37	15,0	92,84
Mar	26,90	85,67	0,90	4,20	16,1	104,97
Apr	27,23	86,35	0,60	4,53	15,7	96,70
Mei	27,43	86,48	0,64	4,76	14,8	93,61
Jun	27,31	85,76	0,64	4,69	14,2	85,69
Jul	27,18	83,84	0,74	5,44	15,4	94,92
Agust	27,07	82,34	0,90	4,95	15,9	99,05
Sept	27,02	83,17	0,84	3,73	14,9	92,76
Okt	26,95	85,26	0,64	3,34	14,7	95,45
Nov	26,96	86,33	0,65	3,49	14,9	93,99
Des	26,74	87,00	0,90	3,18	14,3	93,32
Rata-rata	27,24	85,32	0,79	4,08	15,0	1136,08

Sumber: Hasil Input Data Klimatologi Pada *Cropwat 8.0*

Energi radiasi tertinggi tercatat pada bulan Maret sebesar 16,1 MJ/m²/hari, sedangkan nilai terendah terjadi pada bulan Juni sebesar 14,2 MJ/m²/hari. Rata-rata energi radiasi tahunan tercatat sebesar 15,0 MJ/m²/hari. Sejalan dengan pola tersebut, ETo tertinggi terjadi pada bulan Maret sebesar 104,97 mm/bulan dan terendah pada bulan Juni sebesar 85,69 mm/bulan. Rata-rata ETo tahunan sebesar 1136,08 mm/tahun.

Pola ini menunjukkan adanya hubungan positif antara energi radiasi dan nilai ETo. Peningkatan radiasi matahari meningkatkan energi yang tersedia untuk proses evaporasi dan transpirasi, sehingga mendorong kenaikan ETo. Sebaliknya penurunan radiasi pada bulan Juni berkontribusi terhadap rendahnya nilai ETo.

Variasi ETo ini mencerminkan dinamika kebutuhan air tanaman sepanjang tahun. Nilai ETo yang lebih tinggi pada periode tertentu menunjukkan potensi peningkatan kebutuhan air tanaman, sehingga menjadi dasar penting dalam perencanaan irigasi dan evaluasi keseimbangan neraca air pada sistem budidaya jagung.

Nilai rata-rata evapotranspirasi standar (ETo) yang diperoleh dalam penelitian ini adalah sebesar 3,11 mm/hari. Nilai tersebut lebih rendah dibandingkan penelitian Junaedi et al., (2020) dihasilkan rata-rata sebesar 3,87 mm/hari serta Susanawati & Suharto (2018) sebesar 4,18 mm/hari. Perbedaan ini mengindikasikan adanya variasi kondisi agrolimat antar lokasi penelitian. Nilai ETo sangat dipengaruhi oleh parameter iklim seperti suhu udara, kelembapan relatif, kecepatan angin, dan radiasi matahari yang menjadi input dalam perhitungan menggunakan *Cropwat 8.0*.

Selain faktor klimatologis, karakteristik geografis seperti ketinggian tempat dan posisi lintang turut memengaruhi intensitas radiasi matahari dan suhu rata-rata wilayah, yang pada

akhirnya menentukan besarnya evapotranspirasi. Wilayah dengan elevasi lebih tinggi umumnya memiliki suhu lebih rendah sehingga menghasilkan nilai ETo yang relatif lebih kecil meskipun metode yang digunakan sama, seperti metode *Penman-Monteith equation*.

Variasi nilai ETo ini penting karena secara langsung menentukan estimasi kebutuhan air tanaman dan keseimbangan neraca air lahan. Oleh karena itu, perbedaan kondisi agroklimat lokal perlu dipertimbangkan dalam evaluasi pola tanam dan perencanaan irigasi agar estimasi kebutuhan air lebih akurat dan kontekstual.

Uji Konsistensi Data Hujan

Hasil uji konsistensi data hujan Kabupaten Muaro Jambi periode 2013-2022 pada Stasiun Klimatologi Jambi. Tabel 2 menunjukkan uji konsistensi menggunakan metode *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS).

Tabel 2. Uji Konsistensi Data Curah Hujan Metode RAPS

No.	Tahun	Ri (mm)	SK*	SK**
1	2013	516,50	-101,02	-1,25
2	2014	498,90	-83,42	-1,03
3	2015	478,40	-62,92	-0,78
4	2016	447,00	-31,52	-0,39
5	2017	439,40	-23,92	-0,30
6	2018	437,50	-22,02	-0,27
7	2019	399,10	16,38	0,20
8	2020	393,70	21,78	0,27
9	2021	280,10	135,38	1,68
10	2022	264,20	151,28	1,87
Jumlah		4154,8	Q	1,87
Rata-rata (Y)		415,48	R	1,67
Standar Deviasi		85,07	$Q\sqrt{n}$ Tabel	1,14
$Q\sqrt{n}$		0,591	Konsisten	

Keterangan: Xi = Data hujan tahunan tahun ke-I (mm), S*K = Simpangan mutlak curah hujan terhadap rata-rata, S**K = Nilai Konsistensi Data, Q/\sqrt{n} = Uji konsistensi data hujan, R = Simpangan baku data hujan, n = jumlah data

Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan uji konsistensi data curah hujan menggunakan metode *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS), dengan nilai Q= 1,87, R= 1,67, n= 10. Nilai rata-rata curah hujan adalah 415,80 mm, dengan standar deviasi 85,07 mm. Perhitungan $Q\sqrt{n}$ diperoleh nilai sebesar 0,591 yang mana lebih kecil dari dengan $Q\sqrt{n}$ tabel sebesar 1,14. Begitu juga dengan nilai $R\sqrt{n}$ perhitungan menunjukkan nilai 0,528 yang berada di bawah nilai kritis $R\sqrt{n}$ tabel yaitu 1,28. Oleh karena itu, data curah hujan yang diterapkan dapat dianggap konsisten.

Curah Hujan Efektif (*Pe_{eff}*)

Data curah hujan bulanan rata-rata selama sepuluh Tahun (2013-2022) diproses menggunakan perangkat lunak *Cropwat 8.0* untuk menentukan nilai curah hujan efektif ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3.Curah Hujan Efektif Bulanan

Bulan	Curah Hujan (mm)	Curah Hujan Efektif (mm)
Januari	218,79	142,2
Februari	176,35	126,6
Maret	304,15	155,4
April	296,51	154,7
Mei	262,13	151,2
Juni	141,35	109,4
Juli	130,34	103,2
Agustus	153,67	115,9
September	149,78	113,9
Oktober	218,70	142,2
November	305,08	155,5
Desember	253,31	150,3
Total	2610,16	1620,4

Sumber: Hasil Input Rata-rata Curah Hujan Bulanan Pada *Software Cropwat 8.0*

Curah hujan bulanan tertinggi terjadi pada bulan November sebesar 305,08 mm/bulan, dan terendah terjadi pada bulan Juli sebesar 130,34 mm/bulan. Total rata-rata curah hujan selama 10 tahun adalah 2.610,16 mm/tahun. Total curah hujan tahunan sebesar 1.620,4 mm/tahun.

Hasil pemrosesan data curah hujan rata-rata bulanan 10 tahun periode Tahun 2013-2022 oleh *software Cropwat 8.0* untuk menetapkan curah hujan efektif, yang berada dalam rentang curah hujan tahunan di Indonesia yaitu sekitar 2.000-3.000 mm maka wilayah ini memiliki kondisi yang lebih basah dibandingkan dengan daerah dengan curah hujan di bawah 2.000 mm, sehingga mendukung pertumbuhan tanaman tanpa memerlukan irigasi tambahan dalam beberapa musim.

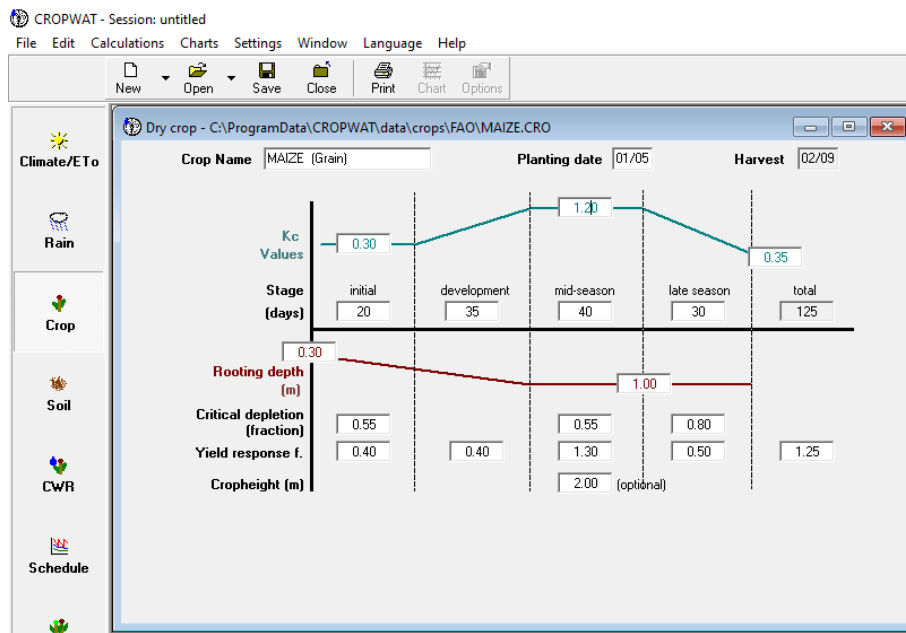
Meskipun curah hujan tinggi, infiltrasi air ke dalam profil tanah sering kali tidak optimal, sehingga tidak seluruh volume air tersebut dapat dimanfaatkan secara efektif oleh tanaman. Volume ini merepresentasikan bagian presipitasi yang secara optimal dapat dimanfaatkan oleh vegetasi dan sistem hidrologi, sehingga berkontribusi signifikan terhadap ketersediaan air di lokasi penelitian. Rendahnya nilai curah hujan efektif ini kemungkinan disebabkan oleh tidak seluruh air hujan yang dapat terinfiltrasi ke dalam tanah, sehingga sebagian besar mengalami limpasan permukaan. Selain itu, infiltrasi yang terjadi terlalu cepat juga dapat menyebabkan perkolasi yang berlebihan, sehingga air tidak tersedia secara optimal bagi tanaman. Curah hujan efektif yang terukur menjadi dasar penentuan total kebutuhan air irigasi (Deveci et al., 2025).

Pola curah hujan dalam satu tahun dapat ditentukan menggunakan kriteria bulan basah dan bulan kering menurut Klasifikasi Oldeman (Sholihah et al., 2023). Berdasarkan data curah hujan bulanan selama periode 2013-2022 yang diperoleh dari Stasiun Klimatologi Jambi, dilakukan klasifikasi iklim menggunakan metode Oldeman untuk menentukan zona agroklimat wilayah penelitian. Klasifikasi ini mempertimbangkan jumlah bulan basah (curah hujan ≥ 200 mm), bulan lembab (100-200 mm), dan bulan kering (curah hujan <100 mm) dalam setahun.

Hasil analisis menunjukkan bahwa wilayah Desa Rengas Bandung, Kecamatan Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi termasuk ke dalam tipe iklim D1, yaitu wilayah dengan 3–4 bulan basah berturut-turut dan lebih dari 5 bulan kering. Zona agroiklimat tipe D1 menurut Oldeman menunjukkan bahwa wilayah ini hanya cocok untuk satu kali musim tanam utama, terutama untuk tanaman pangan semusim seperti jagung, karena keterbatasan air di luar periode bulan basah (Kandari et al., 2013).

Karakteristik Tanaman

Hasil input data tanaman jagung berdasarkan database FAO yang tersedia pada program aplikasi *Cropwat 8.0* seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Input Data Tanaman Jagung Software *Cropwat 8.0*

Periode tanam jagung ditetapkan mulai 1 Mei dengan panen yang dijadwalkan pada 2 September, pertumbuhan berlangsung selama 125 hari terdiri dari empat tahap utama: tahap awal 20 hari, tahap perkembangan 35 hari, tahap pertengahan 40 hari, dan tahap pemasakan 30 hari. Nilai koefisien tanaman (K_c) yang dicantumkan bervariasi sesuai fase pertumbuhan, yaitu 0,30 pada tahap awal, meningkat menjadi 1,20 saat tahap perkembangan maksimum (*mid-season*), dan menurun menjadi 0,35 pada tahap pemasakan.

Nilai K_c tertinggi pada *mid-season* disebabkan oleh tanaman yang sedang berada pada tahap perkembangan paling aktif, atau disebut sebagai puncak pertumbuhan, sehingga membutuhkan volume air yang lebih besar untuk mendukung proses fisiologis seperti fotosintesis, pembentukan bunga, dan pematangan biji. Hal ini sejalan dengan pedoman FAO yang menyebutkan bahwa nilai K_c meningkat seiring dengan peningkatan penutupan kanopi dan aktivitas fisiologis tanaman selama fase pertumbuhan maksimum (Allen et al., 1998).

Kedalaman sistem perakaran pada fase awal 0,30 m dan pada fase pertengahan hingga akhir mencapai 1,00 m, menunjukkan kemampuan tanaman dalam menyerap air dari lapisan tanah yang lebih dalam seiring bertambahnya umur. Nilai *Critical Depletion Fraction* (p) sebesar 0,55 pada tahap awal hingga pertengahan menandakan batas kandungan air tanah yang masih dapat ditoleransi sebelum tanaman mengalami cekaman air, dan meningkat menjadi 0,80 pada fase akhir karena toleransi tanaman terhadap defisit air cenderung lebih

tinggi menjelang panen. Adapun faktor respons hasil (K_y) yang digunakan adalah sebesar 1,25, menunjukkan bahwa jagung sangat sensitif terhadap kekurangan air, sehingga defisit air sedikit saja dapat menyebabkan penurunan hasil yang signifikan.

Parameter-parameter ini berfungsi sebagai dasar untuk menghitung evapotranspirasi aktual (ETc), memperkirakan berapa banyak air yang dibutuhkan jagung untuk irigasi dan membuat penyusunan neraca air sepanjang siklus pertumbuhan tanaman. Proses tersebut mengikuti standar FAO yang ada pada *Cropwat 8.0*. Menurut Winarno et al., (2019) durasi dan proses pertumbuhan tanaman sangat bergantung pada kondisi cuaca dan iklim. Tanaman yang tumbuh di lingkungan beriklim dingin cenderung memiliki laju pertumbuhan yang lebih rendah dibandingkan dengan yang berada di wilayah dengan iklim yang cenderung panas. Hubungan antara nilai koefisien tanaman (K_c) dan kebutuhan air tanaman bersifat positif; peningkatan nilai K_c mengindikasikan peningkatan transpirasi dan, oleh karenanya, kebutuhan air yang lebih besar.

Kadar Air Kapasitas Lapang dan Titik Layu Permanen

Berdasarkan hasil analisis data kadar air tanah di Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk (BPSI Tanah dan Pupuk) Laboratorium Tanah dan Pupuk Bogor, menunjukkan kapasitas lapang pada pF 2,54 dengan nilai rata-rata sebesar 255,5 mm/m dan titik layu permanen pada pF 4,2 rata-rata sebesar 196,5 mm/m. Selisih antara kedua nilai ini menghasilkan kadar air tersedia (KAT) untuk tanaman sebesar 59 mm/m dapat dilihat pada Tabel 4.

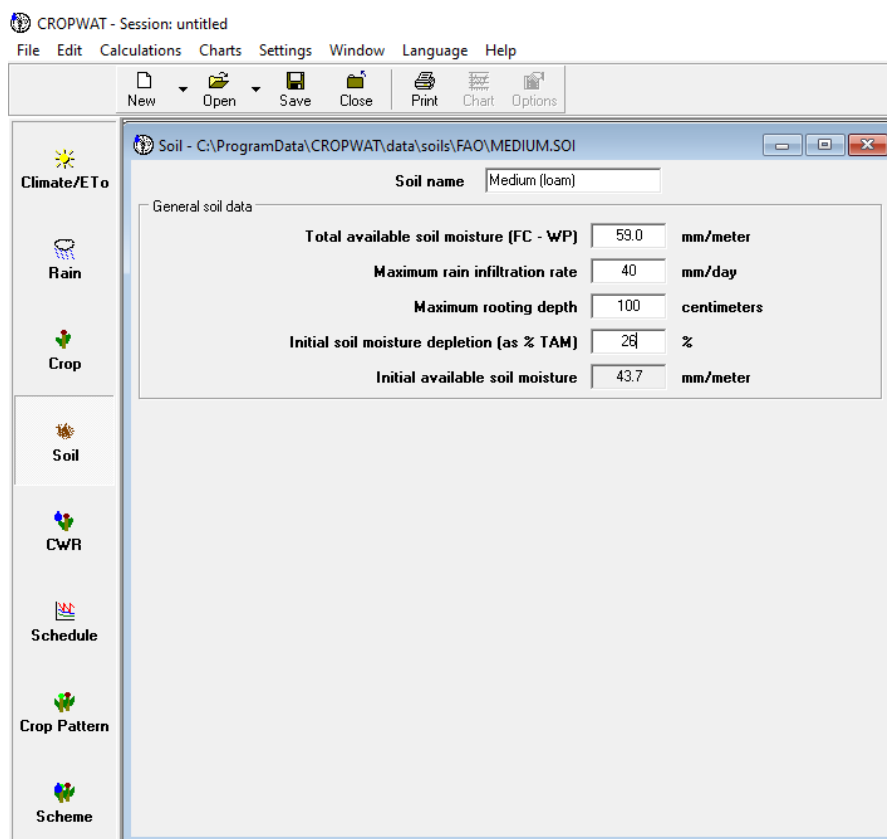
Tabel 4. Rata-rata Hasil Kadar Air KL, TLP, dan KAT

Karakteristik Tanah	Kadar Air (mm/m)		KAT (mm/m)
	KL (pF 2,54)	TLP (pF 4,2)	
A	240	184	56
B	268	198	70
C	246	200	46
D	268	204	64
Rata-rata	255,5	196,5	59

Keterangan: A = Sampel titik satu, B = Sampel titik dua, C = Sampel titik tiga, D = sampel titik empat

Tabel 4 menunjukkan bahwa rata-rata nilai KL, TLP, dan KAT termasuk dalam kategori rendah hingga sedang. Nilai AWC 59 mm/m menunjukkan ketersediaan air tanah yang relatif terbatas, namun masih dapat mendukung pertumbuhan tanaman jagung tetapi harus didukung oleh pengelolaan irigasi yang memadai untuk memastikan tanah tidak kehilangan kelembapan optimal, terutama pada musim kemarau.

Data tanah yang diambil dari database FAO akan menjadi input pada bilah *soil*. Keadaan tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kondisi tanah di lokasi penelitian diadaptasi untuk memenuhi input model *Cropwat*. Hasil input data tanah untuk tanaman jagung tersaji dalam Gambar 2 diketahui bahwa jenis tanah yang dipakai dalam simulasi pada aplikasi *Cropwat 8.0* yaitu Medium (*loam*).



Gambar 2. Hasil Input Data Jenis Tanah FAO Pada *Cropwat 8.0*

Jika air tanah tersedia dalam jumlah yang cukup pada kapasitas lapang, tanaman jagung dapat tumbuh dengan potensi hasil optimal (Tollenaar & Lee, 2002). Sebaliknya, jika kadar air tanah sering mendekati titik layu permanen, produktivitas tanaman dapat menurun secara drastis, seperti penurunan ukuran tongkol, jumlah baris biji, dan berat biji per tongkol (Amaru et al., 2013). Oleh karena itu, penentuan pola tanam yang sesuai, seperti menanam jagung pada awal musim hujan atau mengatur irigasi tambahan, sangat penting untuk menghindari risiko kekeringan selama fase-fase kritis pertumbuhan tanaman.

Kebutuhan Air Tanaman Jagung

Hasil kebutuhan air tanaman jagung pada setiap fase pertumbuhan berdasarkan perhitungan *Cropwat 8.0* seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Kebutuhan Air Tanaman Jagung Pada *Cropwat 8.0*

Bulan	Dekade	Tahap	Kc	ETo	ETc	ETc	Eff. Rain	Irr Req.
			koefisien	mm/hari	mm/hari	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Mei	1	Init	0,30	2,99	0,93	9,3	52,0	0,0
Mei	2	Init	0,30	3,32	0,91	9,1	52,2	0,0
Mei	3	Deve	0,41	3,39	1,21	13,3	47,0	0,0

Bulan	Dekade	Tahap	Kc	ET _o	ET _c	ET _c	Eff. Rain	Irr.Req.
			koefisien	mm/hari	mm/hari	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Jun	1	Deve	0,60	3,22	1,74	17,4	40,0	0,0
Jun	2	Deve	0,78	3,02	2,23	22,3	34,8	0,0
Jun	3	Mid	0,92	3,86	2,70	27,0	34,7	0,0
Jul	1	Mid	0,93	3,06	2,80	28,0	34,5	0,0
Jul	2	Mid	0,93	3,20	2,86	28,6	33,5	0,0
Jul	3	Mid	0,93	3,09	2,90	31,9	35,2	0,0
Agust	1	Late	0,88	3,08	2,77	27,7	37,6	0,0
Agust	2	Late	0,69	3,13	2,21	22,1	39,3	0,0
Agust	3	Late	0,49	3,01	1,54	16,9	38,8	0,0
Sep	1	Late	0,36	2,99	1,12	2,2	7,5	2,2
Total						255,9	487,1	2,2

Keterangan: Kc: Koefisien Tanaman; ET_c: Kebutuhan Air Konsumtif; Eff Rain: Curah Hujan Efektif; Irr. Req.: Kebutuhan Irigasi; Init: Tahap Awal; Deve: Tahap Perkembangan; Mid: Tahap Pertengahan; Late: Tahap Akhir.

Kebutuhan air tanaman jagung tertinggi terjadi pada fase pertengahan (*mid-season*), yaitu pada periode dekade pertama bulan Juni hingga dekade ketiga bulan Juli. Pada fase ini, nilai ET_c mencapai 115,5 mm/dec, lebih tinggi dibandingkan fase *initial* sebesar 18,4 mm/dec dan fase *late season* (pemasakan) sebesar 68,9 mm/dec.

Tingginya kebutuhan air pada fase *mid-season* berkaitan dengan peningkatan aktivitas fisiologis tanaman, terutama pada fase pemanjangan batang dan pembentukan tongkol, ketika luas daun dan laju transpirasi mencapai maksimum. Nilai Kc yang lebih tinggi pada fase ini mencerminkan peningkatan konsumsi air akibat pertumbuhan vegetatif dan reproduktif yang intensif.

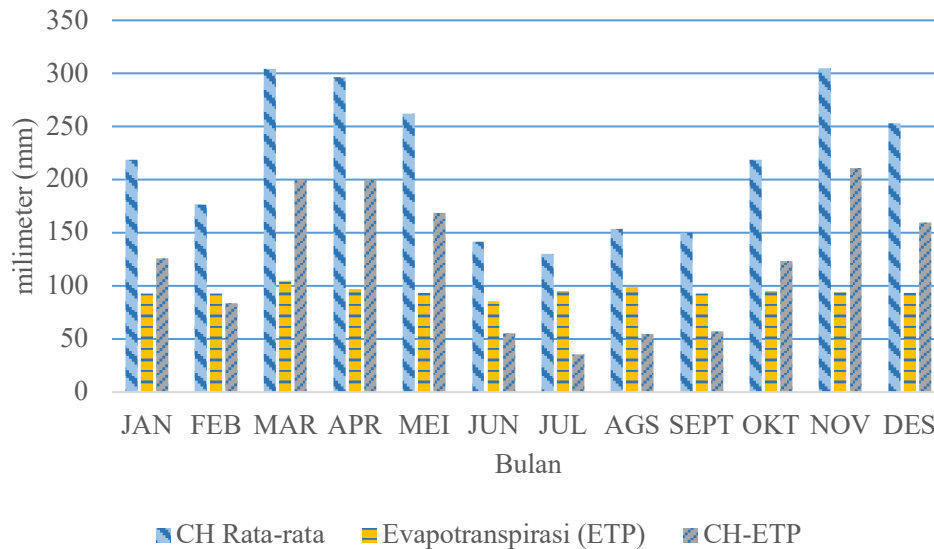
Pola ini sejalan dengan temuan (Jalil, 2021) yang melaporkan kebutuhan air tertinggi jagung pada fase *mid-season* dibandingkan fase awal dan akhir pertumbuhan. Meskipun demikian, besaran kebutuhan air pada penelitian ini relatif lebih tinggi, yang kemungkinan dipengaruhi oleh perbedaan kondisi agroklimat dan parameter iklim lokal.

Temuan ini menunjukkan bahwa fase *mid-season* merupakan periode kritis dalam pengelolaan air tanaman jagung. Ketersediaan air yang tidak mencukupi pada fase ini berpotensi menurunkan pembentukan biomassa dan hasil panen, sehingga periode tersebut perlu menjadi prioritas dalam perencanaan irigasi dan evaluasi pola tanam berbasis neraca air.

Fase akhir pertumbuhan tanaman yang terjadi pada bulan September, nilai kebutuhan air tanaman masih terindikasi berdasarkan hasil perhitungan evapotranspirasi. Namun, pada fase ini tanaman telah memasuki tahap pemasakan hingga panen, sehingga kebutuhan airnya menjadi tidak signifikan hanya sebesar 2,2 mm/dec. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya aktivitas fisiologis tanaman, di mana laju transpirasi menurun dan tanaman tidak lagi memerlukan suplai air dalam jumlah besar (Jones, 2004). Penurunan ini tercermin dari menurunnya nilai Kc dan ET_c pada fase akhir, yaitu dari Kc 0,88 dan ET_c 2,77 mm/hari di awal Agustus menjadi Kc 0,36 dan ET_c 1,12 mm/hari pada awal September. Hasil simulasi menggunakan *software Cropwat 8.0* (Tabel 5) mengindikasikan bahwa pada bulan Mei (52,0-52,2 mm/dec) sampai akhir Agustus (37,6-38,8 mm/dec) telah mengalami kelebihan air.

Neraca Air Tanaman dan Pola Tanam Jagung

Perolehan data rerata curah hujan bulanan, Evapotranspirasi dan selisih curah hujan dan evapotranspirasi bulanan Tahun 2013-2022 Kabupaten Muaro Jambi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rata-rata curah hujan, Evapotranspirasi dan Selisih Curah Hujan dan Evapotranspirasi bulanan Periode 2013-2022

Curah hujan bulanan lebih besar daripada nilai evapotranspirasi selama periode 2013-2022. Selisih antara curah hujan dan evapotranspirasi mencapai nilai paling tinggi pada bulan November, yaitu 211,18 mm/bulan, sedangkan nilai paling rendah terjadi pada bulan Juli, yakni 35,48 mm/bulan.

Oleh karena itu, di Desa Rengas Bandung tidak terjadi potensial kehilangan air akibat penguapan (APWL). Kandungan air tanah di wilayah tersebut sama dengan kapasitas lapangnya, yakni 255,5 mm/meter. Hal ini disebabkan oleh curah hujan yang secara konsisten lebih besar dibandingkan dengan evapotranspirasi ($CH > ETo$), sehingga tidak terjadi kehilangan air. Dikarenakan kandungan air tanah pada setiap bulannya tetap sama, maka nilai perubahan kandungan air tanah ($dKAT$) adalah 0. Selain itu, dikarenakan jumlah curah hujan bulanan lebih tinggi daripada evapotranspirasi, evapotranspirasi aktual (ETA) memiliki nilai yang sebanding dengan evapotranspirasi (ETo). Dengan demikian, tidak terdapat defisit air di Desa Rengas Bandung, sehingga tidak ditemukan periode defisit selama tahun pengamatan, sehingga nilai KAT tetap berada pada kondisi kapasitas lapang.

Mengetahui periode kelebihan dan kekurangan air di suatu wilayah sangat penting guna merencanakan pola tanam serta penjadwalan suplai air irigasi. Dengan pengelolaan yang didasarkan pada hasil perhitungan neraca air, diharapkan hasil pertanian dapat lebih optimal. Selain itu, penggunaan prediksi iklim atau cuaca untuk menetapkan waktu dan pola penanaman dilakukan menggunakan memahami pola curah hujan serta neraca air di suatu wilayah (Rahim et al., 2015). Curah hujan dan evapotranspirasi menyediakan informasi penting mengenai estimasi ketersediaan air, yang berperan dalam menetapkan periode kelebihan atau kekurangan air di lahan, serta dapat diidentifikasi berdasarkan perhitungan neraca air. Menurut (Widiyono, 2016) faktor-faktor yang memengaruhi neraca air menggunakan metode *Thornthwaite and Mather* adalah curah hujan (dalam hal ini berfungsi

sebagai satu-satunya sumber air), evapotranspirasi yang terjadi di suatu wilayah dipengaruhi oleh suhu udara serta letak astronomisnya, karena keduanya menentukan besarnya keluaran air.

Pola tanam yang dilakukan di Desa Rengas Bandung Kabupaten Muaro Jambi penanaman pada bulan Mei kemudian panen pada awal bulan September cocok dilakukan berdasarkan simulasi menggunakan aplikasi *Cropwat 8.0* untuk menganalisis evapotranspirasi dan neraca air tanaman jagung (*Zea mays* L.)

Hasil perhitungan neraca air tanaman jagung menunjukkan adanya surplus air pada periode bulan basah, yang memungkinkan dilakukannya satu kali musim tanam jagung secara optimal. Hal ini selaras dengan hasil klasifikasi iklim Oldeman, di mana wilayah penelitian dikategorikan ke dalam tipe iklim D1. Klasifikasi tersebut mencerminkan ketersediaan air yang terbatas sepanjang tahun, sehingga pola tanam yang paling sesuai adalah satu kali musim tanam utama saat periode curah hujan tinggi. Pola ini mendukung efisiensi penggunaan air dan meminimalkan risiko gagal tanam akibat kekeringan di luar musim hujan. Tanaman palawija seperti jagung, kacang-kacangan, atau ubi jalar umumnya memerlukan air lebih sedikit dibandingkan padi, sehingga dapat tumbuh optimal di wilayah D1 setelah masa panen padi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pola tanam berbasis neraca air lokal di Desa Rengas Bandung periode 2013-2022. Hasil analisis menunjukkan bahwa wilayah penelitian tidak mengalami defisit air sepanjang tahun dan didominasi kondisi surplus, dengan kebutuhan air tanaman tertinggi terjadi pada fase *mid-season*. Kondisi ini menunjukkan bahwa ketersediaan air secara kuantitatif mencukupi untuk budidaya jagung, namun berpotensi menimbulkan risiko genangan apabila waktu tanam tidak disesuaikan dengan distribusi surplus. Dengan demikian, wilayah penelitian secara umum layak untuk pengembangan jagung berbasis penyesuaian waktu tanam. Pendekatan neraca air menggunakan metode *Penman-Monteith* melalui *Cropwat 8.0* terbukti efektif dalam mengidentifikasi periode kritis ketersediaan air secara temporal. Meskipun hasil ini berlaku untuk periode dan lokasi penelitian, pola dinamika yang serupa berpotensi ditemukan pada wilayah dengan karakteristik, agroklimat sejenis, khususnya pada zona D1 yang memiliki dominasi surplus air tahunan.

Saran

Perlu dilakukan analisis sifat fisika tanah yang lebih mendalam pada pengambilan sampel tanah, meliputi tekstur tanah, tingkat bahan organik, dan porositas tanah. Hal ini bertujuan untuk memahami lebih lanjut karakteristik tanah yang mempengaruhi kadar air tersedia, sehingga dapat memberikan interpretasi yang lebih akurat terhadap hasil neraca air dan pola tanam yang direkomendasikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Jambi khususnya Dosen Pembimbing yang telah memberikan bantuan dalam pembuatan artikel ilmiah dan pihak yang telah membantu dalam proses lapangan dan mendukung proses penelitian, serta kepada orang lain yang dengan tulus membantu.

PENDANAAN

Penelitian ini tidak menerima pendanaan eksternal.

CONFLICT OF INTEREST

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dengan pihak mana pun.

DAFTAR REFERENSI

- Abdullahi, M. (2018). *Training Manual on Application of Cropwat 8 Software in Irrigation. Regional Rural Water Supply and Sanitation Project*. <https://proektinavodnuvanje.mk/wp-content/uploads/2020/01/6th-training-Manual-cropwat.pdf>
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). FAO Irrigation and Drainage Paper Crop Evapotranspiration. In L. . Pereira (Ed.), *FAO Irrigation and Drainage Paper*. Lisbon. University of Lisbon.
- Amaru, K., Suryadi, E., Bafdal, N., & Asih, F. P. (2013). Kajian Kelembaban Tanah dan Kebutuhan Air Beberapa Varietas Hibrida DR UNPAD. *Jurnal Keteknikaan Pertanian*, 01(1), 107-115. <https://doi.org/10.19028/jtep.01.1.107-115>
- Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1985). *Water Quality for Agriculture* (p. 174). Food And Agriculture Organization, FAO. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/b978-0-08-025675-7.50016-9>
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Provinsi Jambi Dalam Angka 2024*. Badan Pusat Statistik Provinsi Jambi.
- Badan Pusat Statistik. (2025). *Provinsi Jambi Dalam Angka 2025*. Badan Pusat Statistik Provinsi Jambi.
- Bahrin, A. H., Nurfaida, Ridwan, I., Zul, A. F., Widiyani, N., & Kusumah, R. (2019). Management of planting system based on water balance patterns on corn plants using Cropwat 8.0 model. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 343(1), 0-6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/343/1/012015>
- Deveci, H., Önlü, B., & Erdem, T. (2025). Modeling the Effects of Soil Type Change on Irrigation Water Requirements of Sunflower and Wheat Using Cropwat 8.0. *Water*, 9. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1563048>
- Jalil, A. (2021). Pendugaan Kebutuhan Air Tanaman Terhadap Tiga Rotasi Penanaman Padi, Jagung dan Kedelai Dengan Istirahat Satu Minggu di Antara Tanam Dengan Aplikasi Cropwat. *Jurnal Penelitian Ipteks*, 6(1), 6-15. <https://doi.org/10.32528/ipteks.v6i1.5110>
- Jones, H. G. (2004). Irrigation Scheduling: Advantages and Pitfalls of Plant-based Methods. *Journal of Experimental Botany*, 55(407), 2427-2436. <https://doi.org/10.1093/jxb/erh213>
- Junaedi, Thamrin, S., Darwisah, B., & Budiman. (2020). Analisis Kebutuhan Air Irigasi Pada Pertumbuhan Tanaman Kapas (*Gossypium hirtusum* L.) Di Kecamatan Lamuru, Kabupaten Bone. *J. Agropiantae*, 9(1), 48-57.
- Kandari, A. M., Baja, S., Ala, A., & Kaminudin. (2013). Agroecological Zoning and Land Suitability Assessment for Maize (*Zea mays* L.) Development in Buton Regency, Indonesia. *Agriculture, Forestry and Fisheries*, 2(6), 202. <https://doi.org/10.11648/j.aff.20130206.11>
- Nelissen, H., Sun, X. H., Rymen, B., Jikumaru, Y., Kojima, M., Takebayashi, Y., Abbeloos, R., Demuyne, K., Storme, V., Vuylsteke, M., De Block, J., Herman, D., Coppens, F., Maere, S., Kamiya, Y., Sakakibara, H., Beemster, G. T. S., & Inzé, D. (2018). The reduction in maize leaf growth under mild drought affects the transition between cell division and cell expansion and cannot be restored by elevated gibberellic acid levels. *Plant Biotechnology Journal*, 16(2), 615-627. <https://doi.org/10.1111/pbi.12801>

- Paski, J. A. I., S L Faski, G. I., Handoyo, M. F., & Pertiwi, D. A. S. (2018). Analisis Neraca Air Lahan untuk Tanaman Padi dan Jagung Di Kota Bengkulu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 15(2), 83–89. <https://doi.org/10.14710/jil.15.2.83-89>
- Primilestari, S., Purnama, H., Purnamayani, R., & Estiningtyas, W. (2021). Implementasi Teknologi Sumberdaya Lahan Mendukung Peningkatan Indeks Pertanaman Jagung di Kabupaten Muaro Jambi, Provinsi Jambi. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 15(2), 71–84.
- Rahim, Y., Rogi, J. E. X., & Runtunuwu, S. D. (2015). Pendugaan Defisit Dan Surplus Air Untuk Pengembangan Tanaman Jagung (*Zea Mays L.*) Di Kabupaten Gorontalo Dengan Menggunakan Model Simulasi Neraca Air. *Agri-Sosioekonomi*, 11(1), 11–17. <https://doi.org/10.35791/agrsosek.11.1.2015.7166>
- Sholihah, U. M. A., Pulungan, N. A. H. J., & Rizqi, F. A. (2023). Cropwat 8.0 Application to Investigate Water Availability for Crops in Nawungan Agricultural Land, Imogiri. *Proceedings of the 3rd International Conference on Smart and Innovative Agriculture (ICoSIA 2022)*, 1(17), 229–241. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-122-7_20
- Smith, M. (1992). *Cropwat: A Computer Program For Irrigation Planning And Management*. Food and Agriculture Organization (FAO).
- Susanawati, L. D., & Suharto, B. (2018). Kebutuhan Air Tanaman Untuk Penjadwalan Irigasi Pada Tanaman Jeruk Keprok 55 Di Desa Selorejo Menggunakan Cropwat 8.0. *Jurnal Irigasi*, 12(02), 109–118. <https://doi.org/https://doi.org/10.31028/ji.v12.109-118>
- Thornthwaite, C. W., & Mather, J. R. (1957). Instructions and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and Water Balance. *Publications in Climatology*, 10, 185–311.
- Tollenaar, M., & Lee, E. A. (2002). Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. *Field Crops Research*, 75(2–3), 161–169. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(02\)00024-2](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(02)00024-2)
- Triyono, S., Tusi, A., & Rosadi, B. (2012). Analisis Neraca Air Tanaman Jagung (*Zea Mays*) Di Bandar Lampung. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 1(1), 1–10.
- Widiyono, M. G. (2016). Analisis Neraca Air Metode Thornthwaite Mather Kaitannya Dalam Pemenuhan Kebutuhan Air Domestik Di Daerah Potensi Rawan Kekeringan Di Kecamatan Trowulan Kabupaten Mojokerto. *Swara Bhumi*, 1(1), 10–17.
- Winarno, G. D., Harianto, S. P., & Santoso, T. (2019). *Klimatologi Pertanian*. In P. Media (Ed.), *Pusaka Media*.