

Pemodelan Kebutuhan Air Tanaman Jagung (*Zea mays*, L) Berbasis Data Iklim Menggunakan Metode Penman–Monteith FAO-56 di Kabupaten Manokwari

Desi N Edowai^{1*}, Bertha O Paga²

^{1,2}Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Papua, Indonesia

E-mail : edowai05@gmail.com



©2026 J-HEST FDI DPD Sulawesi Barat. Ini adalah artikel dengan akses terbuka dibawah lisensi CC BY-NC-4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

ABSTRACT

*This study aimed to analyze the crop water requirements of maize (*Zea mays* L.) using climate-based data through the FAO-56 Penman–Monteith method implemented in CROPWAT 8.0 for Manokwari Regency, West Papua Province, Indonesia. Climate variables, including air temperature, relative humidity, wind speed, solar radiation, and rainfall, were used to estimate reference evapotranspiration (ET_o), crop evapotranspiration (ET_c), effective rainfall, irrigation requirements, and seasonal water balance. The results indicated that the average reference evapotranspiration was 4.18 mm day⁻¹, with the highest values occurring in October due to increased solar radiation and sunshine duration. The seasonal crop water requirement reached 401.3 mm, with peak water demand during the mid-season growth stage. Effective rainfall supplied approximately 78.1% of the total crop water requirement, indicating that supplemental irrigation is generally unnecessary under normal climatic conditions in Manokwari. However, water deficits occurred during the critical growth period from August to September, corresponding to the flowering and grain-filling stages. Simulation results revealed no water stress (K_s = 1.00) and no yield reduction, although soil water depletion reached 53% at the end of the growing season. These findings demonstrate that the FAO-56 Penman–Monteith method integrated with local climate data provides reliable estimates of maize water requirements and can support efficient irrigation planning and climate-adaptive water management in rainfed agricultural systems.*

Keywords: CROPWAT, Crop Water Requirement, Evapotranspiration, Maize, Manokwari, Penman–Monteith.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis kebutuhan air tanaman jagung (*Zea mays* L.) berbasis data iklim menggunakan metode Penman–Monteith FAO-56 melalui perangkat lunak CROPWAT 8.0 di Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat. Data yang digunakan meliputi suhu udara, kelembapan relatif, kecepatan angin, radiasi matahari, dan curah hujan. Analisis dilakukan untuk menentukan evapotranspirasi referensi (ET_o), evapotranspirasi tanaman (ET_c), curah hujan efektif, kebutuhan irigasi, serta neraca air selama satu musim tanam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai ET_o rata-rata sebesar 4,18 mm hari⁻¹, dengan nilai tertinggi terjadi pada bulan Oktober akibat tingginya radiasi matahari dan lama penyinaran. Total kebutuhan air tanaman jagung selama satu musim tanam mencapai 401,3 mm, dengan kebutuhan tertinggi pada fase pertengahan musim (mid-season). Curah hujan efektif mampu memenuhi sekitar 78,1% kebutuhan air tanaman, sehingga pada kondisi iklim normal budidaya jagung di Kabupaten Manokwari umumnya tidak memerlukan irigasi tambahan. Meskipun demikian, defisit air terjadi pada periode kritis, yaitu bulan Agustus hingga September yang bertepatan dengan fase pembungaan dan pengisian biji. Hasil simulasi menunjukkan tidak terjadi cekaman air (K_s = 1,00) maupun penurunan hasil tanaman, namun deplesi air tanah mencapai 53% pada akhir musim tanam. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode Penman–Monteith berbasis data iklim lokal mampu memberikan informasi kebutuhan air tanaman secara akurat sebagai dasar penyusunan strategi pengelolaan irigasi yang lebih efisien dan adaptif terhadap kondisi iklim di Kabupaten Manokwari.

Kata kunci: CROPWAT, Evapotranspirasi, Jagung, Kebutuhan Air Tanaman, Manokwari, Penman–Monteith.

PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu faktor utama yang menentukan pertumbuhan, perkembangan, dan produktivitas tanaman. Air berperan dalam berbagai proses fisiologis, seperti fotosintesis, transportasi unsur hara, pengaturan suhu tanaman, serta pembentukan biomassa. Ketersediaan air yang tidak mencukupi dapat menghambat pertumbuhan tanaman, menurunkan efisiensi penggunaan hara, dan pada akhirnya menyebabkan penurunan hasil panen. Oleh karena itu, informasi mengenai kebutuhan air tanaman menjadi aspek penting dalam mendukung pengelolaan irigasi yang efisien dan berkelanjutan, khususnya pada komoditas tanaman pangan (Pereira et al., 2020; Djamen & Kamasi, 2025; Pradana et al., 2025).

Jagung (*Zea mays* L.) merupakan salah satu komoditas pangan strategis di Indonesia yang memiliki peran penting dalam mendukung ketahanan pangan nasional serta sebagai bahan baku industri pakan ternak. Produktivitas tanaman jagung sangat dipengaruhi oleh ketersediaan air, terutama pada fase pertumbuhan vegetatif akhir hingga pembungaan dan pengisian biji. Kebutuhan air tanaman jagung bervariasi pada setiap fase pertumbuhan karena dipengaruhi oleh perkembangan tajuk, sistem perakaran, dan aktivitas fisiologis tanaman. Pada fase reproduktif, kebutuhan air meningkat seiring bertambahnya luas daun dan laju transpirasi sehingga kekurangan air pada fase ini dapat mengakibatkan penurunan hasil yang signifikan (Djaman et al., 2022).

Pendugaan kebutuhan air tanaman umumnya dilakukan melalui pendekatan evapotranspirasi tanaman (crop evapotranspiration, ETc), yang dihitung berdasarkan nilai evapotranspirasi referensi (reference evapotranspiration, ET_o). Metode Penman–Monteith FAO-56 merupakan metode standar internasional yang direkomendasikan oleh *Food and Agriculture Organization of the United Nations* untuk menghitung evapotranspirasi referensi karena memiliki tingkat akurasi yang tinggi pada berbagai kondisi iklim (Syahputra et al., 2025). Metode ini mengintegrasikan parameter iklim berupa suhu udara, kelembapan relatif, radiasi matahari, dan kecepatan angin sehingga mampu menggambarkan kebutuhan air tanaman secara lebih representatif dibandingkan metode empiris lainnya (Allen et al., 1998; Pereira et al., 2020).

Perubahan iklim yang ditandai oleh meningkatnya variabilitas curah hujan, suhu udara, dan radiasi matahari menyebabkan kebutuhan air tanaman menjadi semakin dinamis. Perubahan unsur-unsur iklim tersebut secara langsung memengaruhi laju evapotranspirasi sehingga kebutuhan air tanaman dapat berbeda antarwilayah maupun antarperiode tanam. Oleh karena itu, penggunaan data iklim lokal menjadi sangat penting untuk menghasilkan estimasi kebutuhan air yang lebih akurat sebagai dasar dalam penyusunan strategi pengelolaan air dan penjadwalan irigasi. Penelitian oleh Yong Duan et al. (2023) menunjukkan bahwa kebutuhan air tanaman jagung memiliki hubungan yang erat dengan suhu udara, radiasi matahari, dan kondisi atmosfer, sehingga pemanfaatan data iklim lokal mampu meningkatkan ketepatan estimasi kebutuhan air tanaman.

Kabupaten Manokwari merupakan salah satu wilayah pengembangan pertanian di Provinsi Papua Barat yang memiliki karakteristik iklim tropis basah dengan pola curah hujan yang relatif tinggi sepanjang tahun. Meskipun demikian, distribusi curah hujan yang tidak merata berpotensi menimbulkan periode defisit air pada fase-fase kritis pertumbuhan tanaman jagung. Kondisi tersebut memerlukan informasi mengenai kebutuhan air tanaman yang spesifik lokasi agar pengelolaan sumber daya air dapat dilakukan secara lebih efisien. Namun demikian, penelitian mengenai pemodelan kebutuhan air tanaman jagung berbasis data iklim lokal di Kabupaten Manokwari masih relatif terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih berfokus pada analisis evapotranspirasi atau kebutuhan irigasi di wilayah lain sehingga belum mampu menggambarkan karakteristik kebutuhan air tanaman jagung pada kondisi agroklimat Manokwari.

Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada pemodelan kebutuhan air tanaman jagung menggunakan metode Penman–Monteith FAO-56 yang diintegrasikan dengan perangkat lunak CROPWAT 8.0 berbasis data iklim lokal Kabupaten Manokwari. Pendekatan ini tidak hanya menghasilkan estimasi kebutuhan air tanaman pada setiap fase pertumbuhan, tetapi juga menganalisis curah hujan efektif, kebutuhan irigasi, neraca air tanaman, serta simulasi jadwal irigasi sebagai dasar pengelolaan air yang lebih efisien pada sistem budidaya jagung berbasis curah hujan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan air tanaman jagung (*Zea mays* L.) menggunakan metode Penman–Monteith FAO-56 berbasis data iklim di Kabupaten Manokwari. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah dalam penyusunan strategi pengelolaan air dan penjadwalan irigasi yang lebih efektif, sehingga mampu mendukung peningkatan produktivitas jagung serta adaptasi sektor pertanian terhadap perubahan kondisi iklim.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Distrik Macuan, Distrik Masni, Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat, yang memiliki karakteristik iklim tropis basah dengan curah hujan tinggi sepanjang tahun. Lokasi ini dipilih karena merupakan salah satu wilayah pengembangan pertanian pangan, khususnya tanaman jagung. Waktu penelitian mencakup analisis data iklim historis selama minimal 10 tahun terakhir (misalnya 2014–2024), bergantung pada ketersediaan data meteorologi.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan berupa data iklim Kabupaten Manokwari yang terdiri dari : suhu udara, kelembaban relatif, kecepatan angin, radiasi matahari/penyinaran matahari, dan curah hujan. Selain itu digunakan data karakteristik tanaman jagung (*Zea mays* L.), seperti koefisien tanaman (Kc) pada setiap fase pertumbuhan yang mengacu pada FAO-56.

Alat yang digunakan adalah perangkat komputer/laptop, perangkat lunak CROPWAT 8.0, serta Microsoft Excel untuk pengolahan data, perhitungan, dan penyajian hasil dalam bentuk tabel maupun grafik.

Metodologi Penelitian

Analisis kebutuhan air tanaman dilakukan dengan metode FAO Penman–Monteith sesuai standar FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Variable yang diukur antara lain:

1. Evapotranspirasi referensi (ET_o)

Evapotranspirasi Referensi dihitung menggunakan persamaan:

- Metode FAO Penman–Monteith untuk memperoleh nilai ET_o (mm/hari)

Parameter yang digunakan meliputi data iklim yang terdiri dari radiasi, suhu udara, kelembaban udara, dan kecepatan angin.

2. Evapotranspirasi Tanaman (ET_c)

Kebutuhan air tanaman jagung dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

Keterangan:

- ET_c = evapotranspirasi tanaman (mm/hari)
- K_c = koefisien tanaman jagung berdasarkan fase pertumbuhan (awal, vegetatif, reproduktif, pematangan)
- ET_o = evapotranspirasi referensi (mm/hari)

Nilai K_c mengacu pada FAO-56 dan literatur pertanian terbaru (Allen et al., 1998; penelitian terbaru 2015–2024).

3. Neraca Air Tanaman

Neraca air dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Neraca Air} = \text{Curah Hujan Efektif } f - ET_c$$

Curah hujan efektif (P_e) dihitung dengan metode Metode FAO (*Fixed Percentage Method*), dengan persamaan berikut :

$$P_e = 0,8 \times P$$

Keterangan:

- P_e = curah hujan efektif (mm)
- P = curah hujan total (mm)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Evapotranspirasi Referensi (ET_o)

Hasil perhitungan evapotranspirasi referensi (ET_o) menggunakan metode Penman–Monteith FAO-56 pada perangkat lunak CROPWAT 8.0 menunjukkan bahwa nilai ET_o rata-rata di Kabupaten Manokwari sebesar 4,18 mm/hari. Nilai ET_o tertinggi terjadi pada bulan Oktober sebesar 4,78 mm/hari, diikuti bulan September sebesar 4,76 mm/hari, sedangkan nilai terendah terjadi pada bulan Desember sebesar 3,79 mm/hari.

Berdasarkan data iklim, suhu udara rata-rata selama periode pengamatan sebesar 27,9°C, kelembaban relatif 82%, kecepatan angin 3,5 m/s, persentase penyinaran matahari 50%, dan radiasi matahari 18,1 MJ/m²/hari. Nilai ET_o menunjukkan

variasi antarbulan yang mengikuti perubahan parameter iklim yang digunakan dalam simulasi.

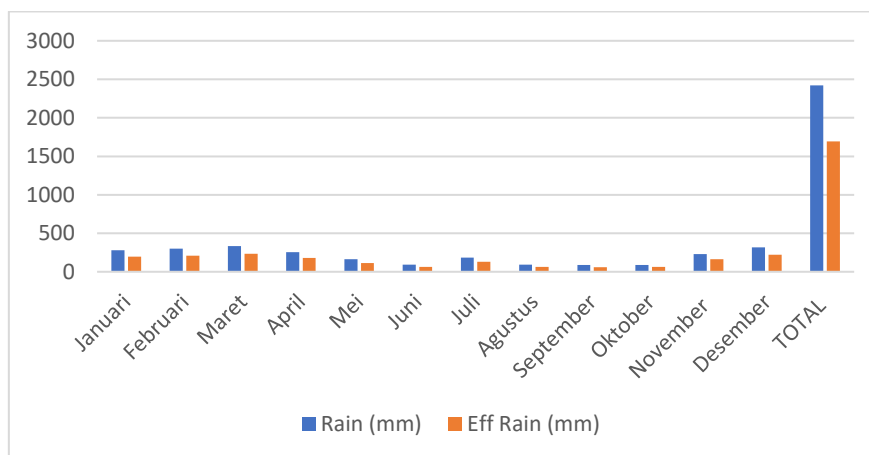
Tabel 1. Data Iklim dan Evapotranspirasi Kabupaten Manokwari

Month	Avg Temp (°C)	Humidity (%)	Wind (m/s)	Sun (%)	Radiasi (MJ/m ² /day)	ETo (mm/day)
Januari	27,7	83	3,6	46	17,5	4,05
February	27,5	82	4,2	53	19,4	4,42
Maret	27,6	83	3,8	48	18,5	4,21
April	27,7	84	3,3	48	17,9	4,00
Mei	28,3	83	3,1	52	17,6	4,02
Juni	27,8	83	3,3	51	16,7	3,84
Juli	27,6	82	3,4	48	16,5	3,86
Agustus	27,9	81	3,3	54	18,5	4,26
September	28,2	80	3,5	62	20,8	4,76
Oktober	28,4	80	3,4	61	20,8	4,78
November	28,3	81	3,3	45	17,4	4,19
Desember	27,9	82	3,4	35	15,3	3,79
Rata-Rata	27,9	82	3,5	50	18,1	4,18

Curah Hujan Efektif

Hasil analisis menunjukkan bahwa total curah hujan tahunan di Kabupaten Manokwari sebesar 2.421,9 mm, sedangkan curah hujan efektif mencapai 1.695,3 mm. Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Maret sebesar 335,1 mm, sedangkan curah hujan terendah terjadi pada bulan September sebesar 86,9 mm.

Distribusi curah hujan efektif menunjukkan pola yang mengikuti distribusi curah hujan bulanan. Selama periode dengan curah hujan tinggi, jumlah curah hujan efektif juga meningkat, sedangkan pada bulan-bulan dengan curah hujan rendah nilai curah hujan efektif mengalami penurunan.



Gambar 1. Curah Hujan dan Curah Hujan Efektif Kabupaten Manokwari

Karakteristik Tanaman Jagung

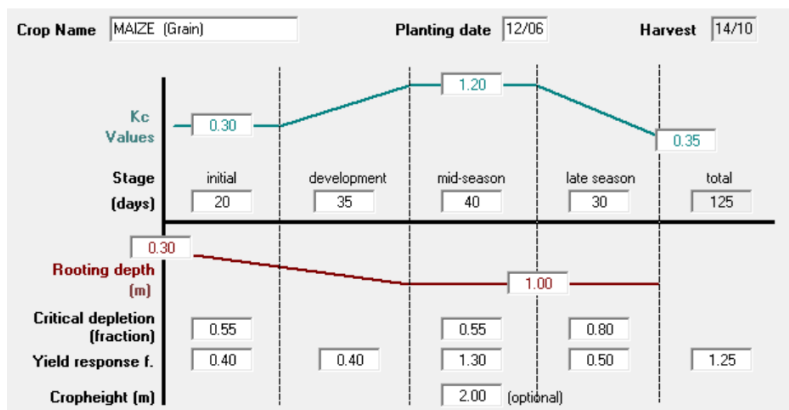
Parameter tanaman jagung yang digunakan dalam simulasi CROPWAT 8.0 menunjukkan bahwa umur tanaman selama satu musim tanam adalah 125 hari, dimulai pada tanggal 12 Juni dan dipanen pada 14 Oktober.

Fase pertumbuhan terdiri atas fase awal selama 20 hari, fase perkembangan selama 35 hari, fase pertengahan musim selama 40 hari, dan fase akhir musim selama 30 hari.

Nilai koefisien tanaman (Kc) meningkat dari 0,30 pada fase awal menjadi 1,20 pada fase pertengahan musim, kemudian menurun menjadi 0,35 pada fase

akhir musim. Kedalaman perakaran bertambah dari 0,30 m pada fase awal hingga mencapai 1,00 m pada fase pertengahan musim dan tetap konstan hingga panen.

Nilai critical depletion fraction (p) sebesar 0,55 pada sebagian besar fase pertumbuhan dan meningkat menjadi 0,80 pada fase akhir musim. Nilai yield response factor (K_y) berkisar antara 0,40–1,30, dengan nilai tertinggi pada fase pertengahan musim.



Gambar 2. Parameter Tanaman Jagung pada CROPWAT 8.0

Kebutuhan Air Tanaman Jagung

Hasil simulasi menggunakan CROPWAT 8.0 menunjukkan bahwa kebutuhan air tanaman jagung selama satu musim tanam mencapai 401,3 mm.

Nilai evapotranspirasi tanaman (E_{Tc}) mengalami peningkatan selama pertumbuhan tanaman. Pada fase awal, nilai E_{Tc} sebesar 1,15 mm/hari, kemudian meningkat hingga mencapai 4,83 mm/hari pada fase pertengahan musim, dan menurun kembali pada fase akhir musim.

Curah hujan efektif yang dimanfaatkan tanaman selama musim tanam mencapai 314,9 mm atau sekitar 78,1% dari total kebutuhan air tanaman. Kebutuhan irigasi mulai muncul pada fase pertengahan musim, dengan nilai tertinggi sebesar 32,4 mm per dekade pada akhir Agustus dan 27,9 mm per dekade pada awal September. Total kebutuhan irigasi selama satu musim tanam sebesar 156,6 mm.

Tabel 2. Kebutuhan Air Tanaman Jagung Selama Musim Tanam

Month	Decade	Stage	Kc (Coeff.)	E_{Tc} (mm/day)	E_{Tc} (mm/dec)	Eff rain (mm/dec)	Irr.Req. (mm/dec)
Juni	2	Initial	0,30	1,15	10,4	14,2	0,0
Juni	3	Initial	0,30	1,15	11,5	24,7	0,0
Juli	1	Development	0,40	1,53	15,3	39,6	0,0
Juli	2	Development	0,61	2,36	23,6	48,8	0,0
Juli	3	Development	0,84	3,34	36,8	39,6	0,0
Agustus	1	Middle	1,03	4,26	42,6	26,4	16,2
Agustus	2	Middle	1,05	4,49	44,9	18,2	26,7
Agustus	3	Middle	1,05	4,66	51,3	18,9	32,4
September	1	Middle	1,05	4,83	48,3	20,5	27,9
September	2	Late	1,00	4,77	47,7	20,1	27,6
September	3	Late	0,78	4,73	37,3	20,3	17,0
Oktober	1	Late	0,55	2,62	26,2	17,4	8,8
Oktober	2	Late	0,39	1,84	7,4	6,4	0,0
Total					403,2	314,9	156,6

Simulasi Jadwal Irigasi

Hasil simulasi jadwal irigasi menggunakan perangkat lunak CROPWAT 8.0 menunjukkan bahwa selama musim tanam, kebutuhan air tanaman dapat dipenuhi oleh curah hujan yang tersedia. Nilai gross irrigation, net irrigation, dan irrigation losses pada hasil simulasi tercatat sebesar 0 mm.

Total curah hujan selama musim tanam sebesar 454,3 mm, sedangkan curah hujan efektif sebesar

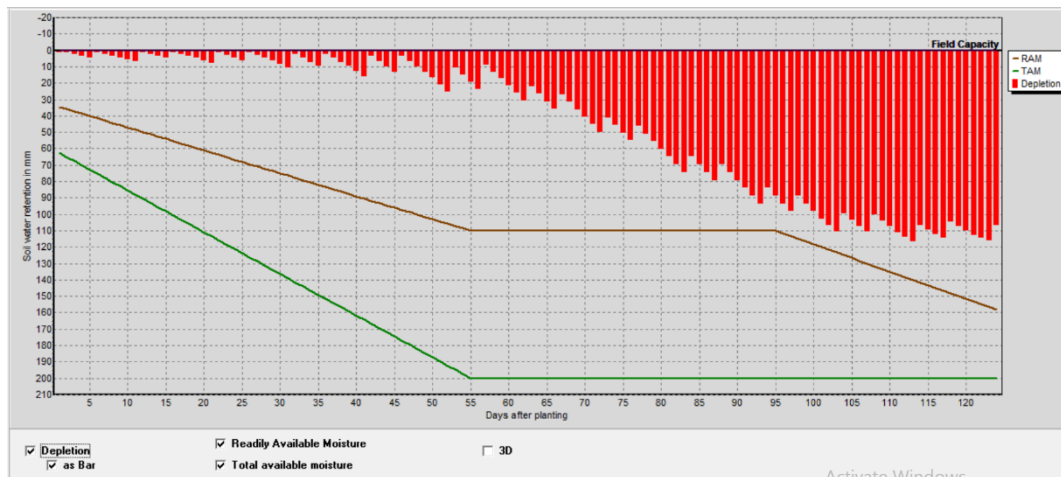
294,6 mm. Simulasi juga menunjukkan bahwa nilai actual crop water use (ETa) sama dengan potential crop water use (ETc), yaitu sebesar 401,3 mm, dengan nilai koefisien cekaman air (Ks) sebesar 1,00.

Pada akhir musim tanam, simulasi menunjukkan depleksi air tanah sebesar 53% dengan moisture deficit at harvest sebesar 106,7 mm.

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
14 Oct	End	End	0.0	1.00	0	53					

Totals					
Total gross irrigation	0.0	mm	Total rainfall	454.3	mm
Total net irrigation	0.0	mm	Effective rainfall	294.6	mm
Total irrigation losses	0.0	mm	Total rain loss	159.7	mm
Actual water use by crop	401.3	mm	Moist deficit at harvest	106.7	mm
Potential water use by crop	401.3	mm	Actual irrigation requirement	106.7	mm
Efficiency irrigation schedule	-	%	Efficiency rain	64.8	%
Deficiency irrigation schedule	0.0	%			

Gambar 3. Simulasi Jadwal Irigasi Tanaman Jagung Menggunakan CROPWAT 8.0



Gambar 4. Grafik Depleksi Air Tanah

Pembahasan

Pengaruh Faktor Iklim terhadap Evapotranspirasi Referensi

Evapotranspirasi referensi (ETo) merupakan indikator utama yang menggambarkan besarnya

kehilangan air dari permukaan tanah dan tanaman akibat proses evaporasi dan transpirasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fluktuasi nilai ETo di Kabupaten Manokwari dipengaruhi oleh variasi unsur-unsur iklim, terutama radiasi matahari dan lama penyinaran. Ketika radiasi matahari

meningkat, energi yang tersedia untuk proses penguapan juga meningkat sehingga laju evapotranspirasi menjadi lebih tinggi. Sebaliknya, pada periode dengan intensitas penyinaran yang lebih rendah, nilai evapotranspirasi cenderung menurun.

Metode Penman–Monteith FAO-56 mengintegrasikan parameter radiasi matahari, suhu udara, kelembapan relatif, dan kecepatan angin sehingga mampu memberikan estimasi evapotranspirasi yang lebih representatif dibandingkan metode empiris lainnya. Menurut Allen et al. (1998), radiasi matahari merupakan komponen energi utama yang mengendalikan besarnya evapotranspirasi, sedangkan suhu, kelembapan udara, dan kecepatan angin berperan sebagai faktor pengendali proses perpindahan uap air ke atmosfer. Oleh karena itu, perubahan kecil pada unsur-unsur iklim tersebut dapat menyebabkan perubahan kebutuhan air tanaman.

Hasil penelitian ini juga sejalan dengan Pereira et al. (2020) yang menyatakan bahwa daerah tropis umumnya memiliki nilai evapotranspirasi yang relatif stabil sepanjang tahun, namun tetap mengalami fluktuasi mengikuti perubahan intensitas radiasi matahari dan kondisi atmosfer. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa penggunaan data iklim lokal sangat penting untuk memperoleh estimasi kebutuhan air tanaman yang akurat (Amalia et al., 2025).

Dinamika Kebutuhan Air Tanaman Jagung pada Setiap Fase Pertumbuhan

Kebutuhan air tanaman jagung mengalami perubahan pada setiap fase pertumbuhan sesuai dengan perkembangan fisiologis tanaman. Pada fase awal, kebutuhan air relatif rendah karena luas daun masih kecil sehingga laju transpirasi belum optimal. Memasuki fase perkembangan hingga pertengahan musim, kebutuhan air meningkat secara bertahap seiring bertambahnya luas kanopi, perkembangan sistem perakaran, dan meningkatnya aktivitas fotosintesis.

Puncak kebutuhan air terjadi pada fase pertengahan musim yang bertepatan dengan fase pembungaan dan pengisian biji. Pada fase tersebut tanaman memerlukan pasokan air yang cukup untuk mendukung pembentukan biomassa dan hasil panen. Kekurangan air pada periode ini dapat

menghambat pembentukan tongkol, mengurangi jumlah biji, serta menurunkan bobot hasil panen.

Temuan ini konsisten dengan penelitian Djaman et al. (2022) yang melaporkan bahwa kebutuhan air jagung mencapai nilai maksimum pada fase vegetatif akhir hingga reproduktif. Zhang et al. (2022) juga menjelaskan bahwa peningkatan koefisien tanaman (K_c) pada fase pertengahan musim mencerminkan meningkatnya aktivitas transpirasi akibat perkembangan tajuk yang telah mencapai kondisi optimum. Oleh karena itu, fase pertengahan musim merupakan periode yang paling sensitif terhadap kekurangan air.

Peranan Curah Hujan Efektif terhadap Pemenuhan Kebutuhan Air Tanaman

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar kebutuhan air tanaman jagung di Kabupaten Manokwari dapat dipenuhi oleh curah hujan efektif. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem budidaya jagung di wilayah penelitian masih sangat bergantung pada ketersediaan air hujan sehingga termasuk dalam sistem pertanian berbasis hujan (*rainfed agriculture*) (Killa et al., 2018; Nurhidayanti, 2025).

Meskipun demikian, distribusi curah hujan tidak berlangsung merata sepanjang musim tanam. Pada beberapa periode terjadi penurunan curah hujan yang bertepatan dengan meningkatnya kebutuhan air tanaman sehingga berpotensi menyebabkan defisit air. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan budidaya jagung tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah curah hujan tahunan, tetapi juga oleh distribusi curah hujan selama musim tanam.

Allen et al. (1998) menjelaskan bahwa curah hujan efektif merupakan komponen penting dalam analisis neraca air tanaman karena tidak seluruh air hujan dapat dimanfaatkan oleh tanaman akibat kehilangan melalui limpasan permukaan, evaporasi, maupun perkolasi. Hasil penelitian Kumar et al. (2020) juga menunjukkan bahwa penggunaan curah hujan efektif memberikan estimasi kebutuhan irigasi yang lebih akurat dibandingkan menggunakan curah hujan total.

Implikasi Pengelolaan Irigasi Berdasarkan Simulasi CROPWAT

Simulasi menggunakan CROPWAT 8.0 menunjukkan bahwa kebutuhan air tanaman

selama musim tanam umumnya masih dapat dipenuhi oleh curah hujan yang tersedia sehingga pada kondisi iklim normal tidak diperlukan irigasi tambahan. Meskipun demikian, hasil simulasi juga menunjukkan adanya peningkatan deplesi air tanah pada akhir musim tanam yang mengindikasikan semakin berkurangnya cadangan air di zona perakaran.

Peningkatan deplesi air tanah setelah sekitar 60 hari setelah tanam menunjukkan bahwa fase pertengahan hingga akhir musim merupakan periode yang memerlukan perhatian khusus dalam pengelolaan air. Apabila pada periode tersebut terjadi penurunan curah hujan akibat anomali iklim, tanaman berpotensi mengalami cekaman air yang dapat memengaruhi produktivitas.

Menurut Pereira et al. (2020), strategi penjadwalan irigasi yang didasarkan pada neraca air tanaman mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air sekaligus mempertahankan produktivitas tanaman. Oleh karena itu, penerapan irigasi suplemen pada periode kritis atau pemanfaatan teknologi konservasi air seperti pemanenan air hujan dapat menjadi alternatif untuk mengantisipasi kekurangan air pada musim dengan curah hujan rendah. Temuan ini juga didukung oleh Fessehaye et al. (2014) dan Wakeyo dan Gardebreek (2022) yang melaporkan bahwa kombinasi pemanenan air hujan dan konservasi air mampu meningkatkan ketahanan sistem pertanian terhadap risiko kekeringan.

Implikasi Penelitian terhadap Pengelolaan Pertanian di Kabupaten Manokwari

Hasil penelitian memberikan informasi penting mengenai pola kebutuhan air tanaman jagung berdasarkan kondisi iklim lokal Kabupaten Manokwari. Informasi tersebut dapat dimanfaatkan sebagai dasar dalam penyusunan jadwal tanam, perencanaan kebutuhan irigasi, serta pengelolaan sumber daya air pada lahan pertanian. Selain itu, pemodelan menggunakan metode Penman–Monteith FAO-56 yang terintegrasi dengan perangkat lunak CROPWAT 8.0 dapat menjadi alat pendukung pengambilan keputusan dalam pengembangan sistem pertanian yang lebih efisien dan adaptif terhadap perubahan iklim.

Penerapan model kebutuhan air berbasis data iklim lokal juga berpotensi meningkatkan efisiensi penggunaan air, terutama pada wilayah yang

memiliki keterbatasan sumber daya air atau mengalami variabilitas curah hujan yang tinggi. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik pertanian dan pengelolaan irigasi, tetapi juga memiliki nilai praktis bagi pemerintah daerah, penyuluh pertanian, dan petani dalam mendukung pengelolaan budidaya jagung yang berkelanjutan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pemodelan kebutuhan air tanaman jagung (*Zea mays* L.) menggunakan metode Penman–Monteith FAO-56 berbantuan perangkat lunak CROPWAT 8.0 menunjukkan bahwa kebutuhan air tanaman selama satu musim tanam di Kabupaten Manokwari mencapai 401,3 mm, dengan kebutuhan tertinggi terjadi pada fase pertengahan musim (mid-season). Nilai evapotranspirasi referensi (ET_o) rata-rata sebesar 4,18 mm/hari, sedangkan curah hujan efektif mampu memenuhi sekitar 78,1% kebutuhan air tanaman. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kondisi iklim di Kabupaten Manokwari masih mendukung budidaya jagung berbasis curah hujan.

Meskipun simulasi menunjukkan tidak terjadi cekaman air ($K_s = 1,00$) maupun penurunan hasil tanaman, periode setelah sekitar 60 hari setelah tanam (HST) merupakan fase yang paling kritis karena terjadi peningkatan kebutuhan air dan deplesi air tanah. Oleh karena itu, informasi kebutuhan air yang dihasilkan melalui pemodelan ini dapat dijadikan dasar dalam penyusunan jadwal irigasi dan pengelolaan sumber daya air yang lebih efisien untuk mendukung keberlanjutan budidaya jagung di Kabupaten Manokwari.

Saran

Penelitian selanjutnya disarankan melakukan validasi hasil simulasi menggunakan data pengukuran lapangan pada berbagai musim tanam dan kondisi iklim yang berbeda untuk meningkatkan akurasi model. Selain itu, analisis kebutuhan air dapat dikembangkan dengan memasukkan skenario perubahan iklim, variasi jenis tanah, dan penggunaan varietas jagung yang berbeda sehingga diperoleh rekomendasi

pengelolaan irigasi yang lebih spesifik lokasi. Hasil penelitian ini juga dapat dimanfaatkan sebagai dasar dalam penyusunan strategi penjadwalan irigasi dan konservasi air oleh pemerintah daerah maupun petani guna meningkatkan efisiensi penggunaan air serta produktivitas tanaman jagung.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdalla, M.M., El-Shafie, A., & Al-Ansari, N. (2023). Root development and water uptake characteristics of maize under varying soil moisture conditions. *Water*, 15(8), 1542.
- Allen et al. (1998). *FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56: Crop Evapotranspiration*.
- Amalia, A., Herlina, N., & Kurniawan, A. (2025). Penggunaan Proyeksi Iklim untuk Optimalisasi Tata Tanam dengan Kc Berbeda (Studi Kasus: Tanaman Jagung di Satu Titik Tertentu di Jawa Timur). *Buletin GAW Bariri (BGB)*, 6(2), 76-86.
- Djaman, K., O'Neill, M., Koudahe, K., et al. (2022). Crop evapotranspiration, irrigation water requirement and water productivity of maize under different climatic conditions. *Agronomy*, 12(4), 890.
- Djamen, A., & Kamasi, N. V. V. (2025). Pengembangan Smart Farming Berbasis IoT untuk Meningkatkan Optimalisasi Irigasi Pertanian dalam Mendukung Ketahanan Pangan Nasional. *Edutik: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 5(6), 2234-2249.
- Fessehaye, M., Abdul-Wahab, S. A., Savage, M. J., Kohler, T., Gherezghiher, T., & Hurni, H. (2014). Fog-water collection for community use. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 52–62.
- Killa, Y. M., Simanjuntak, B. H., & Widyawati, N. (2018). Penentuan Pola Tanam Padi dan Jagung Berbasis Neraca Air di Kecamatan Lewa Kabupaten Sumba Timur. *Jurnal Agritech*, 38(4), 469-476.
- Kumar et al. (2020). *Assessment of effective rainfall and crop water requirement for irrigation planning*.
- Nurhidayanti, M. (2025). Optimalisasi irigasi tetes untuk produktivitas jagung di musim kemarau. *Jurnal Budidaya Pertanian*, 1(1), 8-14.
- Paredes, P., Rodrigues, G.C., Alves, I., & Pereira, L.S. (2024). Irrigation scheduling and maize yield response to water deficits under Mediterranean conditions. *Irrigation Science*, 42(2), 187–203.
- Pereira, L. S., Paredes, P., Rodrigues, G. C., et al. (2020). *Soil Water Balance Models for Determining Crop Water and Irrigation Requirements and Irrigation Scheduling Focusing on the FAO56 Method and the Dual Kc Approach*. *Agricultural Water Management*, 241, 106357.
- Pradana, H. A., Effendi, M., & Mahmudi, K. N. (2025). Pendekatan Holistik dalam Pengelolaan Sumber Daya Air Pertanian Berkelanjutan Menggunakan Analisis Bibliometrik. *Journal of Tropical Agricultural Engineering and Biosystems-Jurnal Keteknikaan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 13(3), 337-349.
- Syahputra, W. N. H., Lazuardi, A. D., Wijayanto, Y., & Tanzil, A. I. (2025). Komparasi Metode Estimasi Evapotranspirasi Berbasis Cropwat dan Python (Studi Kasus: Chiang Mai, Thailand). *Plumula: Berkala Ilmiah Agroteknologi*, 13(2), 50-56.
- Tolomio, M., & Casa, R. (2020). *Dynamic Crop Models and Remote Sensing Irrigation Decision Support Systems: A Review of Water Stress Concepts for Improved Estimation of Water Requirements*. *Remote Sensing*, 12(23), 3945.
- Wakeyo, M. B., & Gardebroek, K. (2022). Share of irrigated land and farm size in rainwater harvesting irrigation in Ethiopia. *Agricultural Water Management*.
- Zhang, Y., Wang, J., Liu, W., et al. (2022). Crop coefficient dynamics and evapotranspiration of maize under different irrigation regimes. *Agricultural Water Management*, 263, 107447.