

Prediksi Kebutuhan Air Irigasi Berdasarkan Beberapa Skenario Pola Tanam pada Kegiatan Cetak Sawah Rakyat di Merauke, Papua Selatan

Baskoro Tri Julianto¹, Satyanto Krido Saptomo², Moh. Yanuar Jarwadi Purwanto³

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sukabumi, Indonesia

²Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik dan Teknologi, Institut Pertanian Bogor, Indonesia

³Pusat Pengkajian, Perencanaan dan Pengembangan Wilayah, Kampus IPB Baranang Siang, Institut Pertanian Bogor, Indonesia

220701baskoro@ummi.ac.id¹, saptomo@apps.ipb.ac.id², yanuar.tta@gmail.com³

ABSTRAK

Kegiatan studi ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan air irigasi berdasarkan berbagai skenario pola tanam padi pada sawah rakyat di Kabupaten Merauke, Papua Selatan. Data iklim selama dua dekade (2004–2024) dari Stasiun Meteorologi Mopah digunakan sebagai dasar pemodelan dengan perangkat lunak CROPWAT yang menerapkan metode Penman–Monteith. Sebanyak 15 skenario pola tanam padi-padi-padi disimulasikan dengan pergeseran waktu tanam setiap 10 hari mulai dari 1 Oktober. Hasil menunjukkan bahwa pola tanam yang dimulai dari awal hingga puncak musim hujan memiliki efisiensi penggunaan air tertinggi dengan kebutuhan irigasi di bawah 0,5 l/s/ha, sementara pola tanam pada musim kemarau memerlukan debit lebih dari 1 l/s/ha. Perbandingan antara perhitungan curah hujan efektif USDA dan skenario konservatif (tanpa curah hujan efektif) menunjukkan perbedaan kebutuhan air hingga 60%. Studi ini menekankan pentingnya menyinkronkan waktu tanam dengan dinamika curah hujan dan menerapkan metode perhitungan curah hujan efektif untuk mendukung perencanaan irigasi yang efisien dan berkelanjutan di sawah-sawah petani kecil di Merauke.

Kata kunci: analisis kebutuhan air irigasi, CROPWAT, hujan efektif, Merauke, pola tanam

1. PENDAHULUAN

Program cetak sawah rakyat merupakan inisiatif strategis pemerintah untuk menambah luasan lahan produktif dan memperkuat ketahanan pangan nasional. Kabupaten Merauke di Papua Selatan termasuk wilayah yang secara geomorfologi dan ketersediaan ruang memiliki potensi besar untuk pengembangan sawah skala luas. Namun demikian, studi lapangan menunjukkan bahwa keberhasilan pemanfaatan lahan baru sangat ditentukan oleh aspek rekayasa irigasi, khususnya terkait ketersediaan, distribusi, dan pengelolaan air [1], [2]. Dengan karakteristik iklim yang bervariasi, tanah bertekstur pasir hingga lempung berpasir, serta jaringan irigasi permukaan yang masih terbatas, kebutuhan air tanaman pada lahan cetak sawah di Merauke harus dihitung secara akurat dan sistematis.

Dalam konteks rekayasa sipil sumber daya air, perencanaan irigasi yang andal menuntut estimasi evapotranspirasi referensi (ET_o) dan kebutuhan air tanaman menggunakan metode baku. Persamaan Penman–Monteith sebagaimana dirumuskan dalam *FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56* adalah standar internasional untuk menghitung ET_o, sementara perangkat lunak seperti CROPWAT digunakan secara luas untuk mensimulasikan kebutuhan irigasi berdasarkan pola tanam dan kondisi iklim yang berbeda [3], [4]. Penggunaan metode ini memungkinkan perbandingan berbagai skenario pola tanam serta evaluasi alokasi air yang paling efisien di bawah keterbatasan infrastruktur irigasi.

Ruang lingkup kegiatan cetak sawah di Merauke mencakup serangkaian tahapan teknis yang biasanya berada dalam domain rekayasa sipil, antara lain: penyiapan dan pembukaan lahan; perencanaan dan konstruksi jaringan irigasi primer, sekunder, dan tersier; perhitungan kebutuhan air untuk satu atau beberapa musim tanam; analisis kehilangan air akibat perkolasi dan infiltrasi yang relatif tinggi pada kondisi tanah lokal; serta penentuan strategi operasi dan pemeliharaan jaringan irigasi agar penyaluran air antar petak berjalan sinkron. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa tingginya kehilangan air di wilayah ini merupakan faktor pembatas utama, sehingga pola tanam harus dirancang secara terpadu untuk memaksimalkan efisiensi pemanfaatan air [1], [5].

Berdasarkan kebutuhan tersebut, makalah ini menguraikan metode perhitungan kebutuhan air irigasi menggunakan pendekatan Penman–Monteith dan perangkat lunak CROPWAT, kemudian mengevaluasi beberapa skenario pola tanam yang relevan bagi program cetak sawah rakyat di Merauke. Kajian ini merupakan langkah awal untuk menyediakan rekomendasi teknis yang dapat mendukung perencanaan irigasi yang lebih efisien, adaptif terhadap kondisi lokal, dan berkelanjutan dalam jangka panjang.

2. METODOLOGI

2.1. Pengambilan Data

Pada kajian ini, data iklim dan hidrologi diambil berdasarkan laman data online BMKG pada stasiun Meteorologi Mopah dengan ID WMO 97980 yang berada pada koordinat lintang -8,52019 dan bujur 140,41568 serta elevasi 3,0 mdpl. Data yang diambil berupa temperatur maksimum (T_x) temperatur minimum (T_n), temperatur rerata (T_a), lama penyinaran matahari (ss), kelembaban rerata (RH), kecepatan angin rerata (ff) dan curah hujan harian (RR) dari periode 2004-2024 (20 tahun).

2.2. Pengolahan Data

Olah data dilakukan di Bogor, terutama di kampus IPB University Dramaga dan kantor Pusat Pengkajian, Perencanaan dan Pengembangan Wilayah (P4W), IPB University Baranangsiang pada selama bulan Juni dan Juli, 2025. Pengolahan data terdiri dari pemodelan evapotranspirasi, perhitungan hujan efektif, penentuan parameter tanaman, penentuan parameter tanah, pembuatan skenario pola tanam dan kalkulasi skema irigasi. Pengolahan data tersebut dibantu dengan perangkat lunak

CROPWAT.

Perangkat lunak CROPWAT secara *default* memodelkan evapotranspirasi menggunakan persamaan Penman-Monteith sebagai berikut [4], [6], [7], [8]:

$$ET_o = \frac{0,408\Delta R_n + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (1)$$

Dimana ET_o adalah evapotranspirasi acuan (mm, hari), R_n adalah radiasi matahari neto di atas permukaan tanaman ($MJ/m^2/hari$), T adalah suhu udara rerata ($^{\circ}C$), U_2 adalah kecepatan angin pada ketinggian 2,0 m di atas permukaan tanah (m/s), e_s adalah tekanan uap air jenuh (kPa), e_a adalah tekanan uap air aktual (kPa), Δ adalah kemiringan kurva tekanan uap air terhadap suhu ($kPa/^{\circ}C$) dan γ adalah konstanta psikrometri ($kPa/^{\circ}C$).

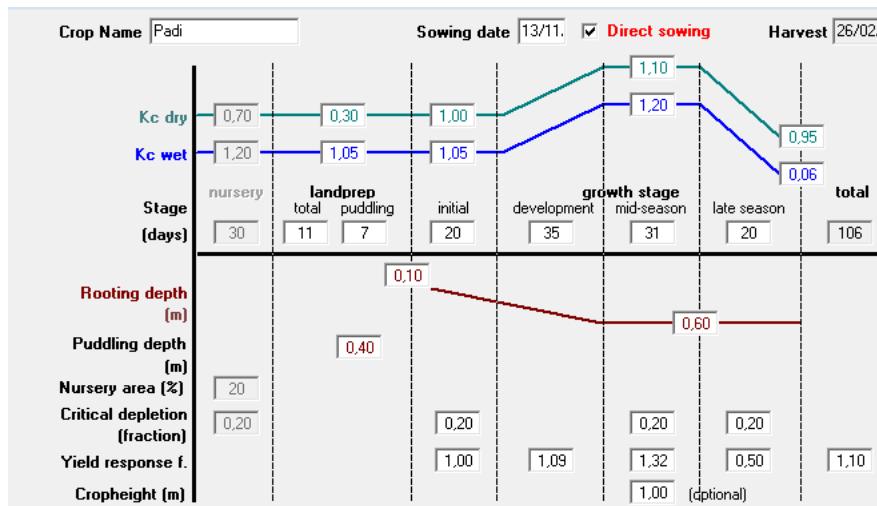
Perhitungan hujan efektif dilakukan melalui dua skenario, yaitu hujan efektif diperhitungkan dan tidak diperhitungkan. Hujan efektif diperhitungkan menggunakan metode USDA pada **Persamaan 2** [9] dimana, P_e adalah hujan efektif (mm) dan P adalah hujan harian (mm). Sementara untuk hujan efektif tidak diperhitungkan disimulasikan untuk menggambarkan kondisi *worst-case scenario* yang konservatif.

$$P_e = \{P \leq 250 \text{ mm}, P_e = \frac{P(125 - 0,2P)}{125} \quad P > 250 \text{ mm}, P_e = 125 + 0,1P \quad (2)$$

Evapotranspirasi acuan digunakan untuk menghitung evapotranspirasi tanaman. Dimana nilai evapotranspirasi tanaman dapat dinyatakan sebagai berikut [10]:

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

Dimana, ET_c adalah evapotranspirasi tanaman (mm/hari) dan K_c adalah koefisien tanaman. Koefisien tanaman adalah koefisien tanpa satuan yang merepresentasikan seberapa besar konsumsi air untuk kegiatan evapotranspirasi. Koefisien tanaman ditentukan berdasarkan jenis tanaman dan fase hidupnya. Berdasarkan Allen *et al.* (1998), nilai K_c untuk tanaman padi adalah 1,05 pada fase awal; 1,20 pada fase pertengahan musim dan 0,90-0,60 pada fase akhir musim [4]. Secara model di CROPWAT, tanaman padi yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Model Tanaman yang Digunakan

Pemodelan tanah yang digunakan menggunakan asumsi bahwa total air tersedia pada tanah sebesar 130,00 mm/m'. Hal ini dikarenakan pada studi awal ini data tanah belum didapatkan secara lengkap. Nilai ini diambil dari selisih antara *field capacity* (FC) dan *permanent wilting point* (PWP) dengan laju infiltrasi diasumsikan sebesar 10 mm/hari untuk tanah sawah serta kedalaman akar diasumsikan sepanjang 20 cm. Model tanah yang digunakan pada kajian ini dapat dilihat pada Gambar 2.

Soil name Tanah Medium		
General soil data		
Total available soil moisture (FC - WP)	130,0	mm/meter
Maximum rain infiltration rate	10	mm/day
Maximum rooting depth	20	centimeters
Initial soil moisture depletion (as % TAM)	15	%
Initial available soil moisture	110,5	mm/meter
Additional soil data for rice calculations		
Drainable porosity (SAT - FC)	8	%
Critical depletion for puddle cracking	0,40	fraction
Maximum Percolation rate after puddling	2,2	mm/day
Water availability at planting	10	mm/wD
Maximum waterdepth	100	mm

Gambar 2. Model Tanah yang Digunakan

Pada perangkat lunak CROPWAT, kebutuhan air irigasi (irrigation water requirement) dihitung berdasarkan neraca air di lapangan yang disederhanakan yang dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$I_r + P_e + CR = ET_c + DP + RO \quad (4)$$

Dimana I_r adalah air irigasi, P_e adalah hujan efektif, CR adalah air yang naik dari kapilaritas, DP adalah perkolasi dan RO adalah limpasan. **Persamaan 4** dapat disederhanakan menjadi perubahan terhadap waktu antara evapotranspirasi tanaman dengan hujan efektif.

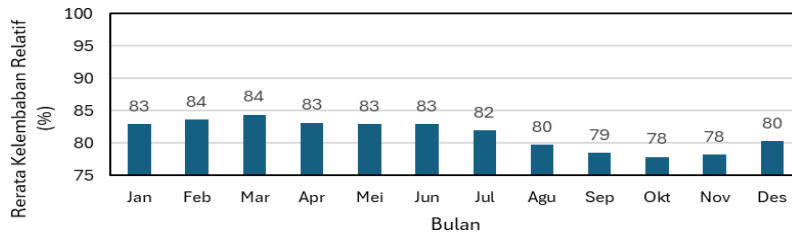
Pada CROPWAT, kebutuhan neto irigasi dihitung berdasarkan total kebutuhan air irigasi pada tingkat skema selama periode waktu tertentu yang dihitung secara bulanan serta mempertimbangkan kebutuhan irigasi tanaman di lapangan selama periode analisis dan luas lahan yang ditanami yang dapat dinyatakan dalam bentuk rerata mm/hari, mm/bulan atau l/s/ha.

Perhitungan kebutuhan neto irigasi mempertimbangkan juga skenario pola tanam. Pola tanam dirancang berdasarkan survei lapangan yang dilakukan dengan metode wawancara petani dan GAPOKTAN (Gabungan Kelompok Petani) di wilayah Kabupaten Merauke, Papua Selatan. Pola tanam dirancang menjadi 15 skenario dengan pola tanam padi-padi-padi selama satu tahun.

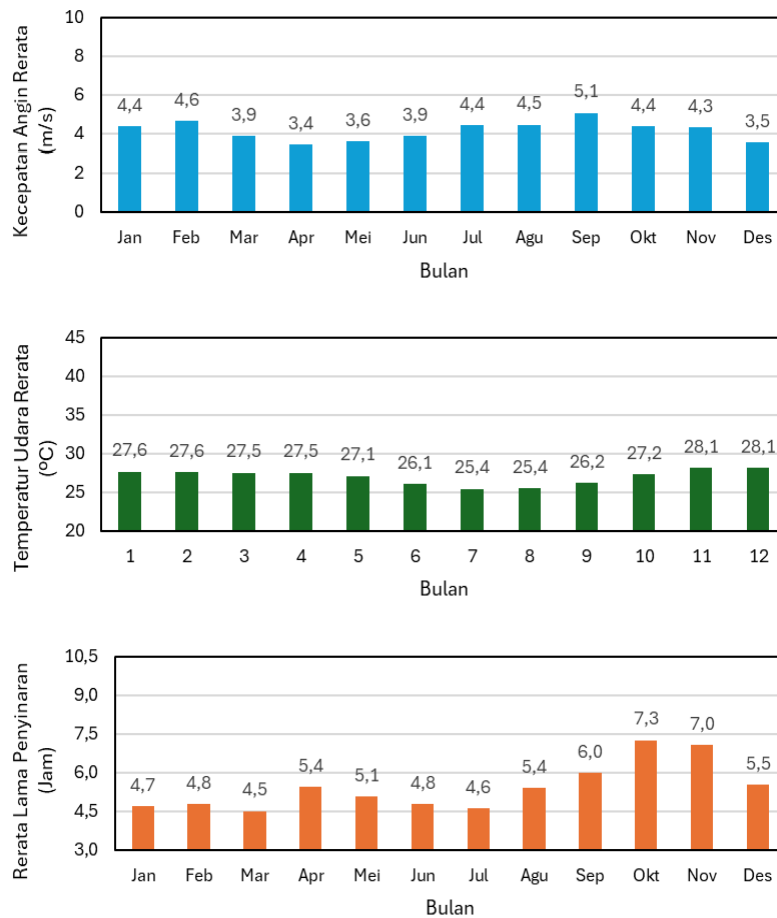
3. PELAKSANAAN

3.1. Kondisi Iklim dan Hidrologi

Dari olah data iklim dan hidrologi berdasarkan data online BMKG, diperoleh hasil sebagai berikut.



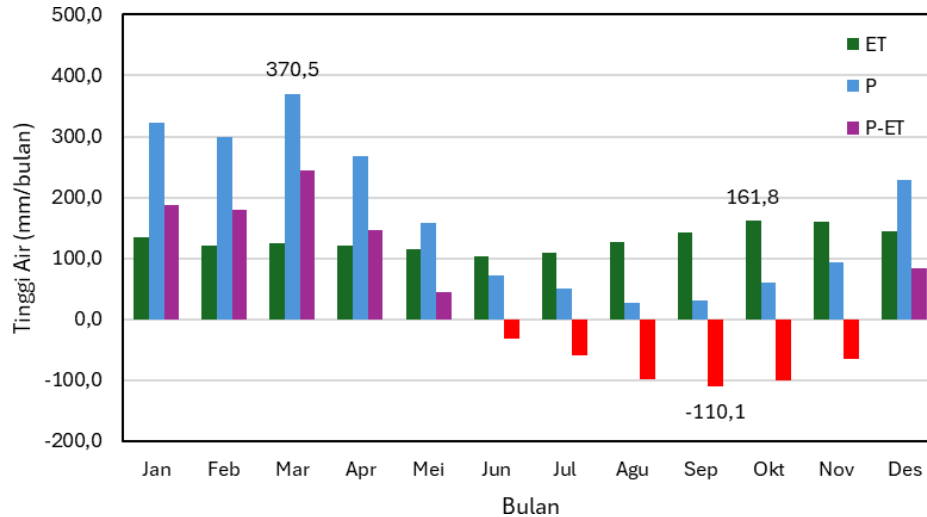
Gambar 3. Rerata Kondisi Iklim dari Tahun 2004-2024 di Stasiun Meteorologi Mopah



Gambar 3 menyajikan nilai rerata kondisi iklim yang diambil dari tahun 2004-2024 di stasiun Meteorologi Mopah, Kabupaten Merauke.

Data menunjukkan karakter iklim tropis lembab yang relatif stabil sepanjang tahun. Kecepatan angin rata-rata berkisar antara 3,4–5,1 m/s dengan nilai tertinggi pada September dan terendah pada April–Mei, menunjukkan pengaruh sirkulasi angin musiman. Suhu udara rerata berada pada rentang 25,4–28,1°C, dengan suhu tertinggi pada November–Desember dan terendah pada Juli–Agustus, menggambarkan fluktuasi termal yang kecil. Lama penyinaran matahari bervariasi antara 4,5–7,3 jam per hari, meningkat pada Oktober–November saat cuaca relatif cerah dan menurun pada awal tahun ketika curah hujan tinggi. Kelembaban relatif berkisar 78–84%, tertinggi pada Februari–Maret dan terendah pada Oktober–November, menunjukkan dominasi udara lembab hampir sepanjang tahun.

Kombinasi antara suhu tinggi yang stabil, kelembaban tinggi, dan penyinaran yang bervariasi ini menandakan bahwa wilayah Mopah memiliki potensi evapotranspirasi yang moderat hingga tinggi, dengan kebutuhan air irigasi meningkat pada periode kering ketika penyinaran dan kecepatan angin mencapai puncaknya. Neraca air bulanan pada periode tersebut dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Neraca Air Bulanan pada Stasiun Meteorologi Mopah pada Periode 2004-2024

Gambar 4 menunjukkan neraca air bulanan di Stasiun Meteorologi Mopah selama periode 2004–2024 yang menggambarkan pola iklim tropis dengan ciri perbedaan jelas antara musim hujan dan musim kemarau, namun dengan karakteristik yang agak tidak umum dibandingkan wilayah tropis Indonesia pada umumnya. Curah hujan (P) tertinggi terjadi pada bulan Maret sebesar 370,5 mm dan umumnya tinggi pada Januari hingga April, menandakan periode surplus air ketika nilai P–ET bernilai positif. Mulai Mei, curah hujan menurun signifikan dan menyebabkan defisit air (P–ET negatif) dari Juni hingga November, dengan puncak kekeringan pada September sebesar –110,1 mm akibat evapotranspirasi (ET) yang tetap tinggi dan melampaui curah hujan. ET sendiri relatif stabil sepanjang tahun, berkisar antara 100–160 mm/bulan, mencerminkan kebutuhan air vegetasi yang konstan. Neraca air kembali positif pada Desember (161,8 mm) seiring meningkatnya curah hujan yang menandai awal musim hujan. Pola ini tergolong tidak umum karena periode surplus air lebih panjang di awal tahun dan periode defisitnya lebih lama hingga akhir tahun, menunjukkan adanya pengaruh lokal seperti posisi geografis Mopah di selatan Papua yang menyebabkan musim kering berlangsung lebih panjang akibat dominasi angin monsun Australia. Secara keseluruhan, **Gambar 4** mengindikasikan bahwa wilayah Mopah mengalami kondisi surplus air pada awal tahun dan defisit panjang pada pertengahan hingga akhir tahun, sehingga diperlukan strategi pengelolaan air yang efektif untuk memanfaatkan kelebihan air di musim hujan dan mengantisipasi kekeringan pada musim kemarau.

3.2. Skenario Pola Tanam

Penyusunan dan penentuan skenario pola tanam didasari pada hasil survei wawancara kepada para petani di Kabupaten Merauke. Mayoritas petani di beberapa Distrik di Merauke seperti Semangga, Tanah Miring, Kurik dan Jagebob menyatakan bahwa biasanya kegiatan tanam padi dimulai antara bulan September hingga bulan Oktober. Maka dari itu, disusun 15 skenario pola tanam yang dimulai dari tanggal 01 Oktober hingga 106 hari ke depan untuk satu periode tanamnya. Satu periode tanam ini didasari pada asumsi umur panen padi yang tersaji pada **Gambar 1** yaitu 106 hari. Skenario pola tanam lainnya diatur maju 10 hari dari hari tanam pertama pola tanam sebelumnya. Rekapitulasi skenario pola tanam tersaji pada **Tabel 1** dan sampel dokumentasi wawancara dengan petani tersaji pada **Gambar 5**.

Tabel 1. Skenario Pola Tanam yang Digunakan pada Model

Pola Tanam	Tanam 1	Panen 1	Tanam 2	Panen 2	Tanam 3	Panen 3
1	01/10	14/01	29/01	14/05	29/05	11/09
2	11/10	24/10	08/02	24/05	08/06	21/09
3	21/10	03/02	18/02	03/06	18/06	01/10
4	31/10	13/02	28/02	13/06	27/06	10/10
5	01/11	14/02	01/03	14/06	28/06	11/10
6	11/11	24/02	11/03	24/06	08/07	21/10
7	21/11	06/03	21/03	04/07	18/07	31/10
8	01/12	16/03	30/03	13/07	29/07	11/11
9	11/12	26/03	09/04	23/07	08/08	21/11
10	21/12	05/04	19/04	02/08	18/08	01/12
11	31/12	15/04	29/04	12/08	28/08	11/12
12	01/01	16/04	01/05	14/08	28/08	11/12
13	11/01	26/04	10/05	23/08	07/09	21/12
14	21/01	06/05	20/05	02/09	17/09	31/12
15	31/01	16/05	30/05	12/09	27/09	10/01



Gambar 5. Sampel Dokumentasi Wawancara dengan Petani dan FGD di Distrik Kurik dan Jagebob, Kabupaten Merauke

3.3. Model Kebutuhan Air Irigasi

Model perhitungan kebutuhan air irigasi menggunakan CROPWAT dilakukan pada dua pendekatan, yaitu perhitungan hujan efektif berdasarkan USDA dan hujan efektif yang diabaikan. Keduanya disajikan pada **Tabel 2** dan **Tabel 3**.

Tabel 2. Model Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi Berdasarkan Beberapa Skenario Pola Tanam dan Hujan Efektif Dihitung Menggunakan Metode USDA

Tanam	Kebutuhan Air Irigasi Lahan Aktual (l/s/h)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
1	0,51	0,00	0,00	0,00	0,53	0,18	0,32	0,43	0,44	0,43	0,40	0,10
2	0,23	0,33	0,00	0,00	0,22	0,48	0,30	0,48	0,18	0,90	0,37	0,12
3	0,01	0,34	0,00	0,00	0,01	0,55	0,28	0,47	0,34	0,47	0,35	0,11
4	0,01	0,34	0,00	0,00	0,05	0,56	0,27	0,46	0,48	0,40	0,33	0,09
5	0,01	0,56	0,00	0,00	0,06	0,51	0,27	0,46	0,49	0,40	0,33	0,09
6	0,03	0,20	0,22	0,00	0,08	0,10	0,56	0,44	0,54	0,16	0,81	0,07
7	0,02	0,00	0,37	0,00	0,07	0,14	0,63	0,42	0,54	0,29	0,87	0,05
8	0,02	0,00	0,39	0,00	0,06	0,22	0,61	0,41	0,52	0,47	0,27	0,04
9	0,01	0,00	0,21	0,31	0,05	0,24	0,15	0,69	0,50	0,52	0,15	0,27
10	0,00	0,00	0,00	0,52	0,04	0,24	0,20	0,38	0,48	0,51	0,26	0,20
11	0,00	0,00	0,00	0,52	0,03	0,23	0,30	0,34	0,46	0,50	0,37	0,19
12	0,00	0,00	0,00	0,40	0,03	0,22	0,31	0,34	0,46	0,50	0,37	0,20
13	0,22	0,00	0,00	0,20	0,23	0,21	0,33	0,33	0,66	0,48	0,42	0,10
14	0,37	0,00	0,00	0,00	0,44	0,19	0,33	0,32	0,53	0,45	0,42	0,06
15	0,38	0,00	0,00	0,00	0,46	0,18	0,32	0,44	0,47	0,43	0,41	0,08

Perbandingan **Tabel 2** dan **Tabel 3** menunjukkan pengaruh yang sangat jelas dari metode perhitungan hujan efektif terhadap hasil estimasi kebutuhan air irigasi pada berbagai **pola tanam** dan kondisi musiman. **Tabel 2** menggunakan pendekatan USDA (*United States Department of Agriculture*) dalam menentukan hujan efektif, sedangkan **Tabel 3** mengasumsikan hujan efektif bernilai nol. Perbedaan pendekatan ini berdampak langsung pada variasi besarnya kebutuhan air irigasi (l/s/ha) sepanjang tahun.

Pada **Tabel 2**, di mana hujan efektif diperhitungkan, kebutuhan irigasi cenderung lebih rendah dan berfluktuasi mengikuti pola musim hujan dan kemarau. Misalnya, pada Pola Tanam 1 dan 2, kebutuhan air di bulan-bulan basah (Januari–Mei) sangat kecil, sedangkan pada bulan-bulan kering (Juni–November) meningkat. Pola ini menunjukkan bahwa metode USDA berhasil merepresentasikan kontribusi curah hujan terhadap pemenuhan kebutuhan air tanaman, di mana curah hujan efektif mampu mengurangi debit irigasi yang diperlukan selama musim hujan. Puncak kebutuhan air terjadi pada pertengahan hingga akhir musim kemarau, yakni antara Juli dan Oktober, saat curah hujan menurun signifikan dan evapotranspirasi meningkat.

Tabel 3. Model Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi Berdasarkan Beberapa Skenario Pola Tanam dengan Mengabaikan Hujan Efektif

Tanam	Kebutuhan Air Irigasi Lahan Aktual (l/s/h)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
1	0,40	0,52	0,55	0,54	0,37	0,43	0,49	0,53	0,48	0,63	0,70	0,64
2	0,25	0,85	0,53	0,56	0,23	0,73	0,47	0,57	0,21	1,11	0,68	0,66
3	0,47	0,37	0,51	0,55	0,40	0,38	0,45	0,57	0,45	0,54	0,66	0,65
4	0,58	0,33	0,50	0,54	0,50	0,37	0,44	0,56	0,60	0,47	0,64	0,63
5	0,59	0,41	0,50	0,54	0,50	0,35	0,44	0,56	0,61	0,47	0,64	0,63
6	0,61	0,25	0,71	0,52	0,52	0,20	0,73	0,54	0,66	0,22	1,11	0,61
7	0,60	0,49	0,36	0,50	0,51	0,38	0,39	0,52	0,65	0,49	1,09	0,59
8	0,59	0,59	0,34	0,49	0,50	0,47	0,36	0,50	0,64	0,67	0,37	0,58
9	0,57	0,60	0,25	0,79	0,48	0,49	0,21	0,79	0,62	0,72	0,23	0,80
10	0,55	0,59	0,47	0,43	0,47	0,48	0,37	0,42	0,60	0,72	0,51	0,39
11	0,53	0,58	0,56	0,39	0,46	0,47	0,47	0,38	0,58	0,71	0,68	0,32
12	0,53	0,57	0,56	0,34	0,45	0,47	0,49	0,39	0,58	0,71	0,68	0,33
13	0,75	0,55	0,57	0,25	0,65	0,46	0,5	0,38	0,78	0,68	0,73	0,21
14	0,73	0,53	0,56	0,47	0,37	0,44	0,5	0,42	0,58	0,66	0,73	0,45

Tanam	Kebutuhan Air Irigasi Lahan Aktual (l/s/h)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
15	0,31	0,52	0,55	0,55	0,35	0,43	0,49	0,54	0,52	0,64	0,71	0,60

Sebaliknya, pada Tabel 3, di mana hujan efektif dianggap nol, kebutuhan air irigasi meningkat secara konsisten di semua bulan dan pola tanam. Sebagai contoh, pada Pola Tanam 2, kebutuhan air bulan Oktober meningkat dari 0,90 L/s/ha (Tabel 2) menjadi 1,11 l/s/ha (Tabel 3). Kenaikan yang sama juga terjadi pada Pola Tanam 7, di mana kebutuhan air bulan November naik dari 0,87 menjadi 1,09 L/s/ha. Peningkatan tersebut menunjukkan besarnya peran hujan efektif dalam menekan kebutuhan air irigasi, terutama pada periode peralihan musim. Tanpa kontribusi hujan, sistem irigasi harus memenuhi seluruh kebutuhan air tanaman, sehingga debit yang dibutuhkan dapat meningkat antara 20–60% dibandingkan skenario dengan perhitungan hujan efektif.

Jika dikaitkan dengan pola tanam, kecenderungan ini menunjukkan bahwa tanaman yang ditanam pada awal atau puncak musim hujan (misalnya Pola Tanam 1–4) memperoleh manfaat signifikan dari keberadaan hujan efektif, karena sebagian besar kebutuhan airnya telah disuplai oleh curah hujan. Sebaliknya, pola tanam yang dimulai menjelang atau selama musim kemarau (misalnya Pola Tanam 9–13) memperlihatkan kebutuhan air yang jauh lebih tinggi, karena minimnya curah hujan menyebabkan ketergantungan penuh terhadap air irigasi buatan. Dengan demikian, penentuan waktu tanam menjadi faktor strategis dalam meningkatkan efisiensi pemanfaatan air irigasi.

Secara ilmiah, hasil ini memperkuat bahwa metode USDA menghasilkan estimasi kebutuhan air yang lebih realistis dan adaptif terhadap kondisi agroklimat lokal, karena mempertimbangkan curah hujan yang benar-benar dapat dimanfaatkan tanaman (sekitar 70–80% dari total curah hujan bulanan). Sebaliknya, pendekatan dengan hujan efektif nol (Tabel 3) hanya relevan untuk skenario konservatif atau ekstrem, seperti perencanaan kapasitas maksimum jaringan irigasi pada musim kering panjang.

Dengan demikian, Tabel 2 dan Tabel 3 secara komplementer merepresentasikan dua kondisi batas dalam analisis dan manajemen air pertanian:

1. Skenario aktual (Tabel 2 – metode USDA): menggambarkan kondisi efisien dan realistis yang mempertimbangkan kontribusi curah hujan terhadap kebutuhan air.
2. Skenario konservatif (Tabel 3 – hujan efektif = 0): merepresentasikan kondisi terburuk untuk perencanaan kapasitas sistem irigasi dan mitigasi kekeringan.

Secara keseluruhan, integrasi antara pola tanam dan dinamika musim menjadi aspek kunci dalam optimalisasi manajemen irigasi. Pemilihan waktu tanam yang disesuaikan dengan pola curah hujan tahunan tidak hanya menekan kebutuhan air irigasi, tetapi juga mendukung keberlanjutan sistem pertanian pada skala lahan maupun wilayah irigasi.

4. KESIMPULAN

Kajian ini menunjukkan bahwa kebutuhan air irigasi di wilayah cetak sawah rakyat Merauke sangat dipengaruhi oleh waktu tanam dan kondisi hujan efektif. Hasil simulasi dengan model CROPWAT dan metode Penman–Monteith memperlihatkan bahwa skenario pola tanam yang dimulai pada awal hingga puncak musim hujan (sekitar Oktober–Februari) memberikan efisiensi pemanfaatan air tertinggi, karena sebagian besar kebutuhan air tanaman dapat dipenuhi oleh curah hujan. Sebaliknya, pola tanam yang dimulai pada musim kemarau meningkatkan kebutuhan irigasi hingga lebih dari 50%. Dengan demikian, sinkronisasi waktu tanam dengan pola curah hujan merupakan kunci dalam perencanaan irigasi yang efisien dan berkelanjutan di wilayah ini.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Makalah ini merupakan bagian dari kegiatan Survei Investigasi dan Desain (SID) dalam rangka mendukung QW Ekstensifikasi Cetak Sawah. Oleh karena itu, penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih kepada Pusat Pengkajian, Perencanaan, dan Pengembangan Wilayah (P4W IPB) serta Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura Kabupaten Merauke, Papua Selatan, atas fasilitasi dan dukungan yang diberikan sehingga kegiatan ini dapat terlaksana dengan baik. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada masyarakat Kabupaten Merauke, khususnya para petani, GAPOKTAN, P3A, serta perangkat kampung dan distrik, yang telah berkenan menjadi narasumber dalam kegiatan wawancara dan memberikan kontribusi penting bagi keberhasilan pelaksanaan kegiatan ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Riandjumahge, I. A. P. Riani, F. Y. De Queloe, dan H. Z. Kaiwai, "Analisis Dampak Program Cetak Sawah Terhadap Tingkat Pendapatan Petani Padi Di Distrik Tanah Miring Kabupaten Merauke," *J. Kaji. Ekon. Dan Studi Pembang.*, vol. 4, no. 3, 2017, doi: 10.56076/jkesp.v4i3.2092.
- [2] A. K. P. Batjo, E. Ayunita, dan K. N. Hidayah, "Environmental and Social Impact Analysis Using Remote Sensing: Case Study of Food Estate Merauke, Papua," *Maj. Pembelajaran Geogr.*, vol. 8, no. 1, hlm. 57–69, 2025, doi: 10.19184/pgeo.v8i1.53709.
- [3] A.-K. Bouraima, Z. Weihua, dan W. Chaofu, "Irrigation water requirements of rice using Cropwat model in Northern Benin," *Int. J. Agric. Biol. Eng.*, vol. 8, no. 2, hlm. 58–64, 2015, doi: 10.3965/j.ijabe.20150802.1290.
- [4] R. G. Allen, L. S. Pereira, D. Raes, dan M. Smith, *FAO Irrigation and Drainage Paper No.56: Crop Evapotranspiration*. Rome: FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998.
- [5] J. Paresa dan D. S. Nababan, "ANALYSIS OF IRRIGATION WATER REQUIREMENTS IN RICE FIELDS IN SP4, TANAH MIRING DISTRICT, MERAUKE REGENCY," *Int. J. Civ. Eng. Technol.*, vol. 10, no. 3, hlm. 998–1006, 2019.
- [6] Adlan, B. I. Setiawan, C. Arif, dan S. K. Saptomo, "Evaluasi Metode Pendugaan Laju Evapotranspirasi Standar (ET_o) Menggunakan Bahasa Pemrograman Visual Basic Microsoft Excel di Kabupaten Nagan Raya Aceh," *J. Tek. Sipil Dan Lingkungan*, vol. 6, no. 1, hlm. 35–48, 2021, doi: 10.29244/jsil.6.1.35-48.
- [7] C. Arif, B. I. Setiawan, Ardiansyah, R. Muharomah, dan H. Agustina, *Irigasi Evaporatif dan Evapotranspiratif: Teori dan Aplikasinya*. Bogor: IPB Press, 2022.
- [8] Badan Standardisasi Nasional, "Tata Cara Perhitungan Evapotranspirasi Tanaman Acuan dengan Metode Penman-Monteith, SNI 7745-201." Badan Standardisasi Nasional.
- [9] A. Chapagain dan A. Y. Hoekstra, *The blue, green and grey water footprint of rice from both a production and consumption perspective. Value of water research report 40*, vol. 40. Delft: Unesco-IHE Institute for Water Education, 2010.
- [10] B. R. Rosadi, *Dasar-dasar Teknik Irigasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2015.