



## Pemodelan Dinamis Kebutuhan Air Tanaman Padi Pada Irigasi Lahan Kering Semi-Arid Naen Menggunakan Cropwat 8.0

### Dynamic Modeling of Rice Water Requirements in Semi-Arid Rainfed Naen Irrigation Using Cropwat 8.0

Zofar Agluis Banunaek <sup>\*,1</sup>, Kristina Irnasari Naikofi <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Agroteknologi, Universitas Timor, Timor Tengah Utara, Indonesia

<sup>2</sup> Program Studi Kehutanan, Universitas Timor, Timor Tengah Utara, Indonesia

\*Penulis Korespondensi

Email: [zofar@unimor.ac.id](mailto:zofar@unimor.ac.id)



**Abstrak.** Sawah tadah hujan di wilayah semi-arid menghadapi keterbatasan air akibat variabilitas curah hujan dan tingginya evapotranspirasi, sehingga diperlukan pemodelan kebutuhan air berbasis data iklim dan karakteristik tanah untuk meningkatkan efisiensi serta keberlanjutan pengelolaan pertanian. Penelitian ini bertujuan memodelkan kebutuhan air tanaman padi pada sistem sawah tadah hujan di wilayah semi-arid Naen menggunakan perangkat lunak Cropwat 8.0 sebagai dasar optimasi pengelolaan air. Analisis dilakukan dengan mengintegrasikan data iklim, curah hujan dan sifat fisik tanah. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai evapotranspirasi referensi (ET<sub>o</sub>) sebesar 4,00 mm/hari pada kondisi suhu rata-rata 26,3°C dan kelembapan relatif 82%. Total curah hujan tahunan mencapai 1.302,6 mm, dengan curah hujan efektif sebesar 778,2 mm atau sekitar 60% dari total curah hujan. Karakteristik tanah menunjukkan nilai Total Available Water (TAW) sebesar 200 mm/m dan laju infiltrasi 30 mm/hari, yang mengindikasikan kemampuan tanah yang baik dalam menyimpan air. Pemodelan menggunakan Cropwat 8.0 menunjukkan bahwa total kebutuhan air irigasi (Irrigation Requirement/IRR) selama satu musim tanam sebesar 207,6 mm, dengan periode tanam paling optimal pada dekade kedua bulan November. Pada periode Desember hingga Februari, kebutuhan irigasi tercatat 0,00 mm per dekade karena curah hujan telah mencukupi kebutuhan evapotranspirasi tanaman. Hasil penelitian menegaskan bahwa Cropwat 8.0 efektif digunakan sebagai alat pendukung perencanaan irigasi berbasis data lokal. Sinkronisasi waktu tanam dengan awal musim hujan menjadi faktor kunci dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air dan menjaga produktivitas padi pada sistem sawah tadah hujan di wilayah semi-arid Naen.

**Kata kunci:** kebutuhan air tanaman, padi, lahan kering semi-arid, irigasi Naen, Cropwat 8.0.

**Abstract.** Rainfed rice fields in semi-arid regions face water limitations due to rainfall variability and high evapotranspiration, necessitating water requirement modeling based on climate data and soil characteristics to improve agricultural efficiency and sustainability. This study aimed to model the water requirements of rice in rainfed systems in the semi-arid Naen area using Cropwat 8.0 as a basis for optimizing water management. The analysis integrated climate data, rainfall, and soil physical properties. Results indicated a reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) of 4.00 mm/day under an average temperature of 26.3°C and relative humidity of 82%. Total annual rainfall reached 1,302.6 mm, with an effective rainfall of 778.2 mm, approximately 60% of the total. Soil characteristics showed a Total Available Water (TAW) of 200 mm/m and an infiltration

rate of 30 mm/day, indicating good water retention capacity. Cropwat 8.0 modeling revealed that the total irrigation requirement (IRR) for one cropping season was 207.6 mm, with the most optimal planting period in the second decade of November. From December to February, the irrigation requirement was recorded as 0.00 mm per decade because rainfall sufficiently met crop evapotranspiration needs. The findings confirm that Cropwat 8.0 is an effective tool to support irrigation planning based on local data. Synchronizing planting time with the onset of the rainy season is a key factor in enhancing water use efficiency and maintaining rice productivity in rainfed systems in the semi-arid Naen area.

**Keywords:** crop water requirement, rice, semi-arid rainfed land, Naen irrigation, Cropwat 8.0.

## 1. Pendahuluan

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan komoditas pangan utama di Indonesia yang memerlukan ketersediaan air dalam jumlah besar dan berkesinambungan sepanjang siklus pertumbuhannya. Kecukupan air berperan penting dalam menunjang proses fisiologis tanaman, terutama pada fase vegetatif dan generatif. Ketidaksesuaian antara kebutuhan air tanaman dan ketersediaan air di lapangan terbukti menjadi faktor pembatas utama produktivitas padi, khususnya pada wilayah dengan keterbatasan sumber daya air dan variabilitas iklim yang tinggi (Nath *et al.*, 2022).

Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) dikategorikan sebagai wilayah beriklim kering hingga *semi-arid* yang dicirikan oleh curah hujan rendah, distribusi hujan tidak merata, serta periode musim kering yang relatif panjang. Karakteristik iklim tersebut berdampak langsung terhadap keberlanjutan sistem pertanian padi, terutama pada lahan sawah yang belum didukung oleh jaringan irigasi teknis yang memadai. Keterbatasan air irigasi dan fluktuasi iklim masih menjadi faktor dominan yang memengaruhi dinamika produksi padi di wilayah ini (Aslam *et al.*, 2025).

Lahan persawahan Naen di Kelurahan Tubuhue, Kecamatan Kota Kefamenanu, merupakan representasi sistem irigasi pada kawasan lahan kering *semi-arid* yang menghadapi keterbatasan pasokan air. Pemanfaatan air irigasi di wilayah ini masih bersifat konvensional dan sangat bergantung pada curah hujan serta aliran permukaan musiman. Kondisi tersebut meningkatkan risiko cekaman kekeringan pada fase kritis pertumbuhan padi, menimbulkan ketidakpastian waktu tanam, serta menurunkan efisiensi penggunaan air (Putra, 2025). Oleh karena itu, informasi kebutuhan air tanaman yang terukur dan sesuai dengan karakteristik iklim serta lahan setempat menjadi kebutuhan mendesak dalam pengelolaan irigasi.

Pemodelan kebutuhan air tanaman berbasis data iklim dan karakteristik lahan merupakan pendekatan yang banyak digunakan untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan sumber daya air pada wilayah lahan kering. Perangkat lunak Cropwat 8.0 yang dikembangkan oleh *Food and Agriculture Organization* (FAO) telah digunakan secara luas untuk menghitung evapotranspirasi referensi (ET<sub>o</sub>), evapotranspirasi tanaman (ET<sub>c</sub>), hujan efektif, dan kebutuhan air irigasi melalui integrasi data iklim, sifat fisik tanah, dan parameter pertumbuhan tanaman (Allen *et al.*, 1998). Sejumlah penelitian terdahulu menunjukkan bahwa Cropwat mampu memberikan estimasi

kebutuhan air irigasi yang lebih akurat dibandingkan pendekatan konvensional, namun sebagian besar studi masih bersifat statis dan belum mengkaji secara spesifik pemodelan dinamis pada sistem irigasi lahan kering semi-arid.

Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan pemodelan dinamis kebutuhan air tanaman padi pada sistem irigasi lahan kering semi-arid Naen dengan mengintegrasikan data iklim lokal, karakteristik tanah, dan fase pertumbuhan tanaman menggunakan Cropwat 8.0. Pendekatan ini diharapkan dapat menghasilkan informasi kebutuhan air yang lebih presisi sebagai dasar optimasi pengelolaan air irigasi, serta mendukung efisiensi penggunaan air dan keberlanjutan sistem pertanian padi di wilayah lahan kering. Dengan demikian, penelitian ini difokuskan pada pemodelan kebutuhan air tanaman padi pada sistem sawah tadah hujan di wilayah semi-arid Naen menggunakan Cropwat 8.0, guna mendukung pengambilan keputusan dalam optimasi pengelolaan air pertanian.

## 2. Bahan dan Metode

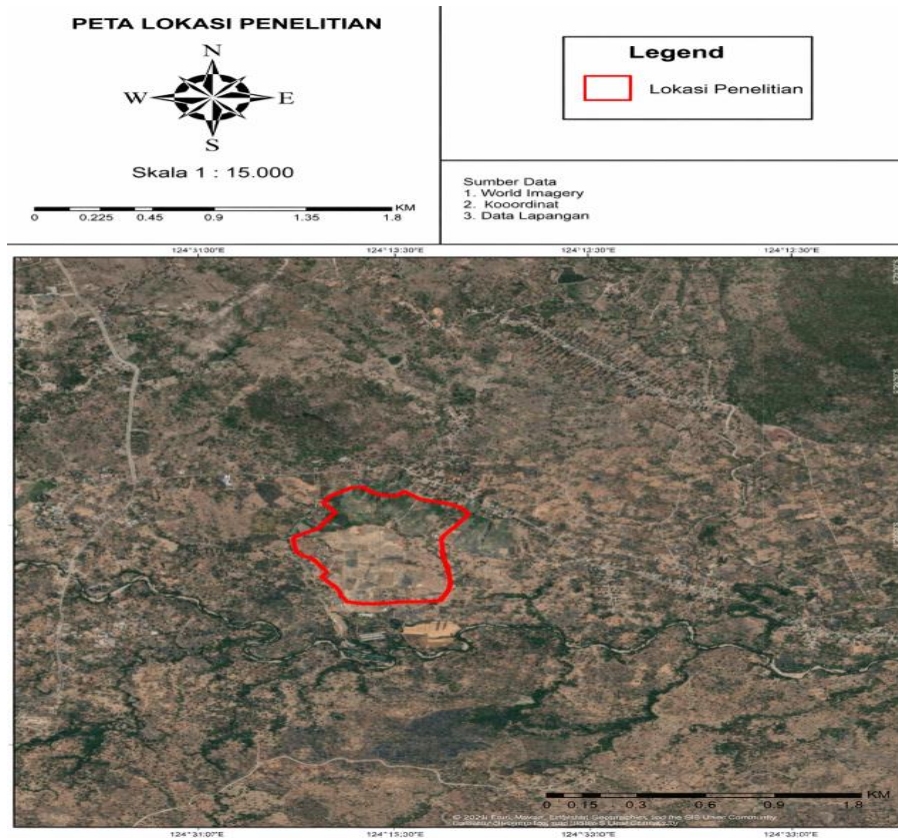
### 2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada lahan persawahan Naen yang terletak di Kelurahan Tubuhue, Kecamatan Kota Kefamenanu, Kabupaten Timor Tengah Utara, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Secara geografis terletak pada koordinat  $9^{\circ}27'$  LS dan  $124^{\circ}30'$  EB, dan cakupan spasial lokasi penelitian disajikan pada [Gambar 1](#). Wilayah penelitian berada pada kawasan lahan kering beriklim *semi-arid* yang dicirikan oleh curah hujan tahunan relatif rendah, distribusi hujan yang tidak merata, serta periode musim kering yang berlangsung cukup panjang. Secara agroklimatologis, lahan persawahan Naen termasuk dalam sistem pertanian yang sangat bergantung pada curah hujan dan aliran permukaan musiman, sehingga rentan terhadap kekurangan air pada fase pertumbuhan tanaman padi.

Penelitian ini dilaksanakan selama satu musim tanam padi pada tahun 2025, meliputi pengumpulan data iklim, karakteristik tanah serta analisis kebutuhan air tanaman menggunakan perangkat lunak Cropwat 8.0.

### 2.2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data iklim tahun 2025 yang terdiri atas curah hujan, suhu udara, kelembapan relatif, kecepatan angin, dan radiasi matahari, serta data sifat fisik tanah seperti tekstur dan kapasitas simpan air. Selain itu, digunakan data tanaman yang mencakup koefisien tanaman ( $K_c$ ), fase pertumbuhan, dan kedalaman perakaran. Seluruh data tersebut digunakan sebagai input utama dalam analisis kebutuhan air tanaman menggunakan perangkat lunak Cropwat 8.0.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

### 2.3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis pemodelan untuk mengestimasi kebutuhan air tanaman padi pada sistem irigasi lahan kering *semi-arid*. Analisis dilakukan dengan memanfaatkan perangkat lunak Cropwat 8.0 melalui integrasi data iklim, karakteristik fisik tanah, dan parameter pertumbuhan tanaman padi pada setiap fase pertumbuhan. Data iklim meliputi curah hujan, suhu udara, kelembapan relatif, kecepatan angin, dan radiasi matahari yang digunakan untuk menghitung evapotranspirasi referensi (ET<sub>o</sub>). Selanjutnya, evapotranspirasi tanaman (ET<sub>c</sub>), hujan efektif, dan kebutuhan air irigasi bersih dianalisis secara dinamis untuk mendukung perencanaan dan optimasi pengelolaan air irigasi.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Karakteristik Iklim Wilayah *Semi-Arid*

Wilayah Naen di Kelurahan Tubuhue, Kota Kefamenanu, termasuk zona iklim kering *semi-arid* dengan curah hujan rendah dan sebaran hujan tidak merata sepanjang tahun. Hujan terkonsentrasi pada periode singkat, sehingga musim tanam padi sangat bergantung pada awal musim hujan dan rentan terhadap pergeseran waktu tanam saat terjadi anomali iklim (Avianto *et al.*, 2024).

Suhu udara relatif tinggi dan stabil, didukung radiasi matahari dan lama penyinaran yang besar, sehingga meningkatkan laju evaporasi dan transpirasi. Kelembapan relatif menurun pada musim kering, sementara angin berkecepatan rendah–sedang tetap mempercepat pelepasan uap air dari permukaan tanah dan tajuk tanaman (Allen *et al.*, 1998). Kombinasi hujan terbatas, suhu dan radiasi tinggi, serta pengaruh angin menyebabkan kehilangan air cukup besar dan ketersediaan air irigasi tidak kontinu, terutama di luar musim hujan. Kondisi ini menuntut pengelolaan irigasi berbasis kebutuhan air tanaman agar risiko defisit air pada fase kritis pertumbuhan dapat ditekan (Anika *et al.*, 2024).

### 3.2. Perhitungan klimatologi/ evapotranspirasi ETo

Evaporasi referensi (ETo) menggambarkan jumlah air yang hilang ke atmosfer melalui proses evaporasi dari permukaan tanah dan transpirasi oleh tanaman. Nilai ETo menjadi parameter kunci dalam menentukan kebutuhan air tanaman karena secara langsung berkaitan dengan kondisi iklim setempat (Nath *et al.*, 2022). Dalam penelitian ini, ETo dihitung berdasarkan data yang diperoleh dari BMKG. Data yang diperoleh dari BMKG kelas 1A Kupang merupakan data sekunder yang mencakup data suhu, kelembapan, kecepatan angin, dan lama penyinaran yang disajikan pada Tabel 1.

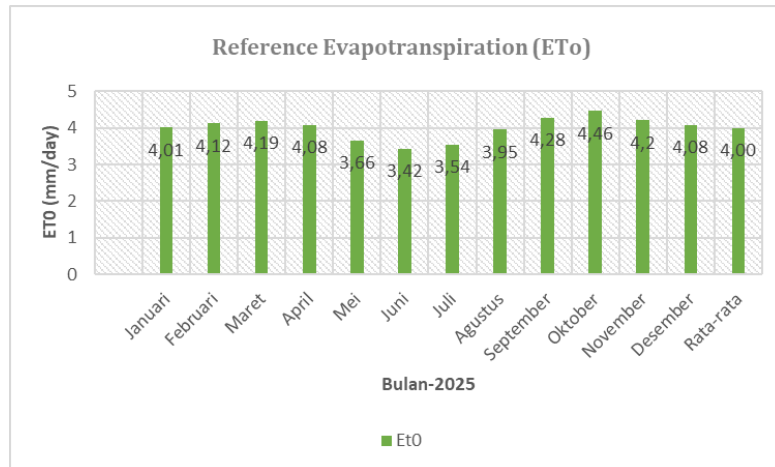
Tabel 1. Data Iklim

Bulan	Suhu (°C)	Kelembapan (%)	Kecepatan angin (m/detik)	Lama penyinaran (jam)
Januari	26,1	84	0,8	6,3
Februari	26,2	85	0,7	6,7
Maret	26,4	85	0,6	7,4
April	26,6	84	0,6	8,2
Mei	26,6	84	0,7	8,1
Juni	26,3	83	0,7	8,1
Juli	25,9	81	0,8	8,3
Agustus	25,9	80	0,8	8,6
September	26,2	78	0,8	8,2
Oktober	26,8	77	0,7	7,8
November	26,6	80	0,7	6,8
Desember	26,4	83	0,7	6,5
Rata-rata	26,3	82	0,7	7,6

Pola peningkatan kebutuhan air atmosfer terhadap permukaan referensi selama periode pengamatan tahun 2025 disajikan pada Gambar 2.

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode FAO Penman–Monteith melalui perangkat lunak Cropwat 8.0, diperoleh rata-rata evapotranspirasi referensi (ETo) sebesar 4,00 mm/hari. Nilai ini mengindikasikan tingkat kehilangan air yang tergolong sedang hingga mendekati tinggi yang umumnya berada pada kisaran 3,00 – 5,00 mm/hari untuk kategori sedang dan lebih dari 5,00 mm/hari untuk kategori tinggi, sehingga mencerminkan pengaruh kondisi iklim

tropis pada wilayah penelitian (Allen *et al.*, 1998). Besarnya ETo dipengaruhi oleh kombinasi unsur iklim, terutama suhu udara rata-rata 26,3°C, kelembapan relatif 82%, kecepatan angin 0,7 m/s, lama penyinaran 7,6 jam/hari, dan radiasi surya 20,1 MJ/m<sup>2</sup>/hari. Suhu dan radiasi yang relatif tinggi meningkatkan laju transpirasi dan evaporasi, sementara kecepatan angin mempercepat pertukaran uap air di lapisan udara sekitar tajuk tanaman.



Gambar 2. Nilai Evapotranspirasi Referensi

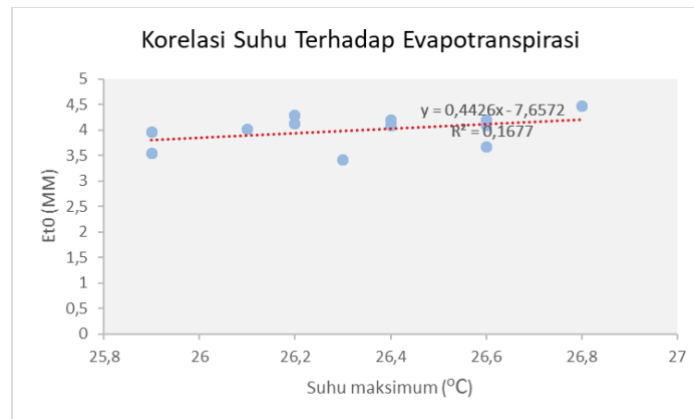
Nilai ETo sebesar 4,00 mm/hari berada dalam kisaran tipikal wilayah tropis dengan intensitas penyinaran tinggi dan kelembapan menengah hingga tinggi. Kondisi ini mendukung pertumbuhan vegetatif padi, namun sekaligus meningkatkan kebutuhan air tanaman pada seluruh fase pertumbuhan. Hasil ini sejalan dengan temuan penelitian sebelumnya di Indonesia bagian timur yang melaporkan nilai ETo padi berkisar antara 3,8–4,5 mm/hari, tergantung kondisi iklim dan musim tanam (Sagita *et al.*, 2020). Menurut Nath *et al.* (2022) nilai ETo yang diperoleh digunakan sebagai dasar dalam penentuan kebutuhan air aktual tanaman padi melalui penyesuaian dengan koefisien tanaman (Kc) pada setiap fase pertumbuhan dengan demikian, ETo berfungsi sebagai parameter kunci dalam estimasi kebutuhan air tanaman dan penjadwalan irigasi, khususnya pada wilayah lahan kering semi-arid yang memiliki keterbatasan sumber daya air.

### 3.3 Korelasi Iklim Terhadap Evapotranspirasi Standar

Analisis korelasi dilakukan untuk mengidentifikasi sejauh mana variabel seperti suhu udara, lama penyinaran, kelembapan relatif, dan kecepatan angin memengaruhi variasi nilai evapotranspirasi (Abebe & Temam, 2024). Hasil hubungan tersebut disajikan dalam Gambar 3.

Analisis keterkaitan antara suhu udara dan evapotranspirasi menunjukkan adanya pola hubungan linier positif yang dinyatakan melalui persamaan regresi  $y = 0,4426x - 7,6572$  dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,1677. Persamaan ini mengindikasikan bahwa peningkatan suhu udara sebesar 1°C berpotensi meningkatkan laju evapotranspirasi sekitar 0,44 mm per satuan waktu, dengan asumsi variabel iklim lainnya berada pada kondisi relatif tetap. Secara fisiologis, kenaikan suhu meningkatkan energi kinetik molekul air dan mempercepat proses

penguapan dari permukaan tanah serta transpirasi melalui stomata daun. Namun demikian, nilai  $R^2$  sebesar 0,1677 menunjukkan bahwa suhu hanya mampu menjelaskan sekitar 16,77% variasi evapotranspirasi. Hal ini mengindikasikan bahwa pengaruh suhu bersifat nyata tetapi tidak dominan. Sebagian besar variasi evapotranspirasi ditentukan oleh faktor klimatologis lain, terutama radiasi matahari sebagai sumber energi utama penguapan, kelembapan udara yang mengontrol gradien tekanan uap, serta kecepatan angin yang memengaruhi proses difusi uap air di atmosfer dekat permukaan (Nath *et al.*, 2022).

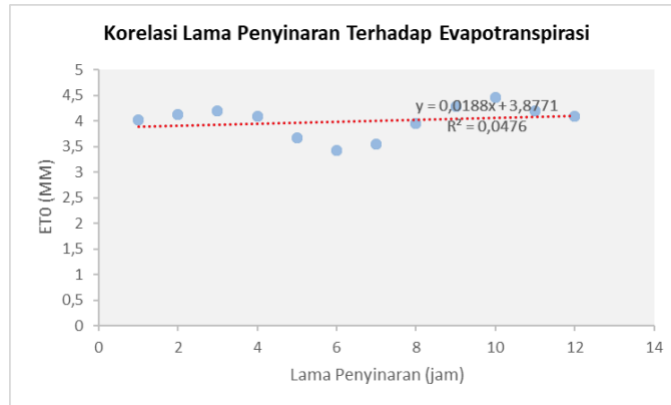


Gambar 3. Korelasi Suhu Terhadap Evapotranspirasi

Beberapa penelitian terkini menunjukkan bahwa evapotranspirasi merupakan hasil dari interaksi yang kompleks antara berbagai unsur iklim. Suhu berperan sebagai faktor pemicu, tetapi radiasi matahari dan defisit tekanan uap seringkali memiliki kontribusi yang lebih besar dalam menentukan besarnya laju evapotranspirasi (Qin *et al.*, 2017). Sementara itu, penelitian di wilayah tropis kering oleh Avianto *et al.* (2024) menunjukkan bahwa peningkatan suhu tidak selalu diikuti oleh kenaikan evapotranspirasi yang signifikan apabila kelembapan udara tinggi dan kecepatan angin rendah. Dengan demikian, hubungan linier positif antara suhu dan evapotranspirasi pada penelitian ini menunjukkan bahwa suhu berkontribusi dalam meningkatkan kebutuhan air tanaman, tetapi pengaruhnya relatif terbatas jika tidak didukung oleh kondisi iklim lain yang mendorong proses penguapan dan transpirasi. Temuan ini menegaskan bahwa analisis kebutuhan air tanaman, khususnya di wilayah *semi-arid*, perlu menggunakan pendekatan multivariat yang mempertimbangkan seluruh komponen iklim utama, agar estimasi kebutuhan air menjadi lebih akurat dan adaptif terhadap dinamika iklim lokal. Selanjutnya disajikan grafik korelasi lama penyinaran terhadap evapotranspirasi pada Gambar 4.

Hubungan antara lama penyinaran matahari dan evapotranspirasi menunjukkan kecenderungan linier positif dengan persamaan regresi  $y = 0,0188x + 3,8771$  dan nilai  $R^2$  sebesar 0,0476. Persamaan ini mengindikasikan bahwa penambahan satu jam penyinaran hanya meningkatkan evapotranspirasi sekitar 0,019 mm per satuan waktu, sehingga pengaruhnya tergolong sangat lemah. Nilai  $R^2$  sebesar 0,0476 menunjukkan bahwa lama penyinaran hanya

menjelaskan sekitar 4,76% variasi evapotranspirasi. Hal ini menandakan bahwa durasi penyinaran bukan faktor utama pengendali evapotranspirasi. Variasi evapotranspirasi lebih dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari, suhu udara, kelembapan relatif, dan kecepatan angin yang secara langsung mengatur ketersediaan energi dan gradien uap air di atmosfer (Sagita *et al.*, 2020).

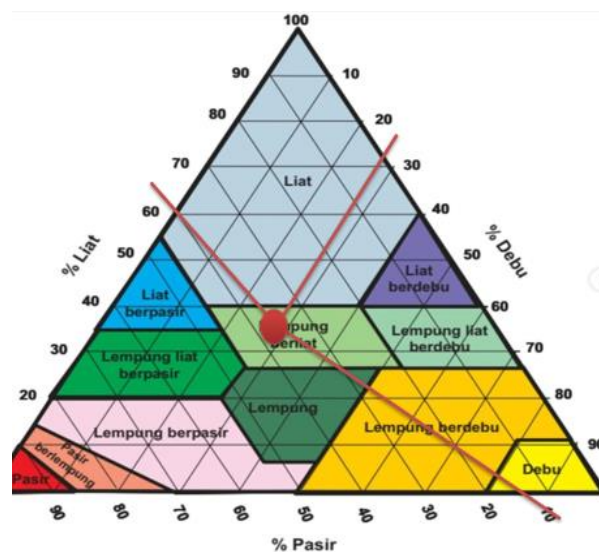


Gambar 4. Korelasi Lama penyinaran Terhadap Evapotranspirasi

Dengan demikian, meskipun lama penyinaran berhubungan positif dengan evapotranspirasi, kontribusinya relatif kecil. Temuan ini menegaskan bahwa analisis evapotranspirasi dan kebutuhan air tanaman harus mempertimbangkan interaksi berbagai unsur iklim secara simultan, bukan hanya berdasarkan durasi penyinaran semata.

### 3.4. Tekstur Tanah

Pengukuran tekstur tanah dilakukan untuk mengetahui proporsi pasir, debu, dan liat karena tekstur merupakan sifat dasar yang menentukan kemampuan tanah dalam menyimpan, meloloskan, dan menyediakan air bagi tanaman. Informasi ini penting dalam pemodelan kebutuhan air tanaman karena berpengaruh langsung terhadap kapasitas lapang, titik layu permanen, serta nilai *Total Available Water* (TAW) yang digunakan dalam perhitungan Cropwat 8.0 (Zega, 2024). Hasil pengukuran dapat disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Segitiga Tekstur (Putri *et al.*, 2021).

Hasil analisis menunjukkan komposisi fraksi tanah terdiri atas liat 64%, debu 24%, dan pasir 12,5%, yang menurut segitiga tekstur termasuk dalam kelas tekstur lempung berliat (*clay loam*). Tekstur ini menunjukkan dominasi fraksi liat namun masih diimbangi oleh fraksi debu dan pasir, sehingga tanah memiliki kemampuan menyimpan air yang baik sekaligus masih memungkinkan pergerakan air dan udara di dalam profil tanah. Keberadaan fraksi liat meningkatkan daya ikat air melalui pori mikro, sedangkan fraksi debu dan pasir menjaga aerasi dan drainase agar tidak terlalu terhambat (Putri *et al.*, 2021).

Dalam konteks sawah tadah hujan di wilayah semi-arid Naen, tekstur lempung berliat merupakan kondisi yang menguntungkan karena mampu menahan air hujan dan irigasi lebih lama, sehingga mengurangi risiko defisit air pada fase pertumbuhan tanaman. Karakter ini mendukung keberlanjutan suplai air pada periode kering yang relatif panjang (Safitri *et al.*, 2021).

Namun demikian, tekstur lempung berliat tetap memerlukan pengelolaan drainase yang baik karena dominasi fraksi liat dapat menurunkan laju infiltrasi dan meningkatkan potensi genangan. Pada tanaman padi, kondisi ini masih sesuai karena padi toleran terhadap genangan, tetapi aerasi tanah tetap perlu dijaga agar tidak menghambat perkembangan akar dan aktivitas mikroorganisme tanah (Nath *et al.*, 2022). Kondisi fisik tanah ini memperkuat kesimpulan bahwa lahan Naen secara edafik mendukung budidaya padi sawah tadah hujan di wilayah semi-arid.

### 3.5. Kontribusi Hujan Efektif

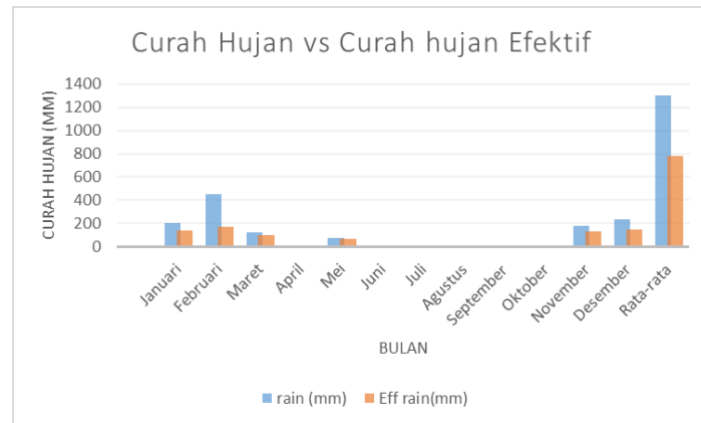
Curah hujan efektif merupakan bagian dari curah hujan total yang dapat dimanfaatkan secara nyata oleh tanaman dalam memenuhi kebutuhan airnya. Sebagian air hujan tidak dapat digunakan karena mengalami kehilangan melalui aliran permukaan, perkolasi ke lapisan tanah yang lebih dalam, serta penguapan (Tubani *et al.*, 2023). Oleh karena itu, penghitungan curah hujan efektif menjadi komponen penting dalam analisis keseimbangan air untuk mengetahui besarnya peran hujan dalam mendukung kebutuhan air tanaman dan mengurangi ketergantungan pada irigasi. Pada penelitian ini, estimasi curah hujan efektif dilakukan berdasarkan data curah hujan yang bersumber dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Stasiun Kupang.

Data periode curah hujan dapat dilihat pada [Tabel 2](#).

Tabel 2. Data Curah Hujan

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
Curah hujan (mm)	203	453	125	11	78	0	0,2	1,3	2,2	12,9	182	234

Berdasarkan data curah hujan yang diperoleh dari BMKG yang ditampilkan pada [Tabel 2](#), maka dilakukan perhitungan lanjutan pada Software Cropwat 8.0 untuk mendapatkan nilai curah hujan efektif. Hasil perhitungan dapat dilihat pada [Gambar 6](#).



Gambar 6. Grafik perhitungan curah hujan efektif berdasarkan Cropwat 8.0

Hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata curah hujan tahunan di lahan persawahan Naen, Kecamatan Kota Kefamenanu, Kabupaten Timor Tengah Utara, Provinsi Nusa Tenggara Timur, untuk periode Januari–Desember 2025, mencapai 1.302,6 mm. Dari jumlah tersebut, curah hujan efektif yang dapat dimanfaatkan tanaman tercatat sebesar 778,2 mm. Artinya, sekitar 60% dari total curah hujan berkontribusi langsung terhadap pemenuhan kebutuhan air tanaman, sedangkan sisanya tidak termanfaatkan secara optimal karena kehilangan melalui aliran permukaan dan perkolasi.

Persentase curah hujan efektif sebesar 60% menunjukkan bahwa hujan memiliki peranan penting dalam memenuhi sebagian besar kebutuhan air tanaman padi di wilayah Naen, khususnya pada fase awal pertumbuhan hingga fase vegetatif. Kondisi ini mengindikasikan bahwa secara hidrologis wilayah tersebut masih cukup mendukung untuk kegiatan budidaya padi sawah, terutama selama periode musim hujan ketika ketersediaan air relatif mencukupi.

Mengacu pada kriteria FAO dan hasil kajian [Dasril et al. \(2021\)](#), kisaran curah hujan efektif antara 60–80% dikategorikan efisien untuk daerah beriklim tropis lembap. Nilai yang diperoleh dalam penelitian ini sejalan dengan karakteristik agroklimat wilayah NTT bagian utara, yang dicirikan oleh curah hujan tinggi pada musim tertentu namun diikuti oleh periode kering yang cukup panjang. Hal ini menegaskan pentingnya pengelolaan air yang tepat agar kelebihan air pada musim hujan dapat dimanfaatkan secara optimal dan defisit air pada musim kering dapat diminimalkan.

### 3.6 Estimasi Kebutuhan Air Tanaman Padi

Perhitungan kebutuhan air tanaman (*Crop Water Requirement/CWR*) dilakukan untuk menentukan besarnya total air yang diperlukan tanaman agar dapat tumbuh dan berproduksi secara optimal sepanjang siklus pertumbuhannya. Analisis ini mengintegrasikan seluruh parameter yang telah diperoleh sebelumnya, meliputi data klimatologi, curah hujan efektif, karakteristik tanaman, serta sifat fisik tanah ([Ridwan et al., 2022](#)). Dalam perangkat lunak Cropwat 8.0, estimasi CWR dilakukan secara terstruktur berdasarkan prinsip keseimbangan air antara suplai air dari hujan dan

irigasi dengan kebutuhan aktual tanaman. Salah satu parameter penting dalam perhitungan kebutuhan air tanaman adalah koefisien tanaman (*crop coefficient/ Kc*) yang berfungsi sebagai faktor pengali untuk mengubah nilai evapotranspirasi referensi ( $ET_0$ ) menjadi evapotranspirasi tanaman ( $ET_c$ ). Nilai  $K_c$  mencerminkan kondisi fisiologis dan morfologis tanaman pada setiap tahapan pertumbuhan mulai dari fase awal, fase perkembangan vegetatif, fase pertumbuhan maksimum hingga fase pematangan. Variasi nilai  $K_c$  pada setiap fase menunjukkan adanya perubahan kebutuhan air tanaman yang berkaitan dengan perkembangan luas daun dan intensitas proses transpirasi (Allen *et al.*, 1998). Nilai CWR yang dihasilkan digunakan sebagai indikator utama dalam penentuan besaran, waktu, dan frekuensi pemberian irigasi (Dasril *et al.*, 2021). Informasi ini berperan penting tidak hanya dalam perencanaan teknis sistem irigasi, tetapi juga sebagai dasar evaluasi efisiensi pemanfaatan air pada tingkat lahan. Hasil perhitungan kebutuhan air tanaman selanjutnya disajikan pada Tabel 3.

Hasil analisis menunjukkan bahwa total kebutuhan air irigasi (IRR) selama satu musim tanam sebesar 207,6 mm. Kebutuhan tertinggi terjadi pada November dekade ke-2 (100,6 mm/dec) dan dekade ke-3 (90,0 mm/dec), sedangkan pada Desember–Februari kebutuhan irigasi tercatat 0,00 mm/dec karena curah hujan telah mencukupi kebutuhan evapotranspirasi tanaman. Pada Maret, kebutuhan kembali muncul sebesar 4,6–12,4 mm/dec seiring menurunnya intensitas hujan. Pola ini menunjukkan bahwa awal musim hujan, khususnya dekade kedua November, merupakan waktu tanam paling optimal karena bertepatan dengan peningkatan curah hujan yang mampu memenuhi kebutuhan air fase awal pertumbuhan. Kondisi Desember–Februari yang tanpa kebutuhan irigasi sejalan dengan puncak musim hujan di NTT bagian utara. Menjelang akhir musim hujan pada Maret, diperlukan pengelolaan air sisa untuk mencegah defisit air pada fase generatif.

Tabel 3. Kebutuhan air Irigasi Naen

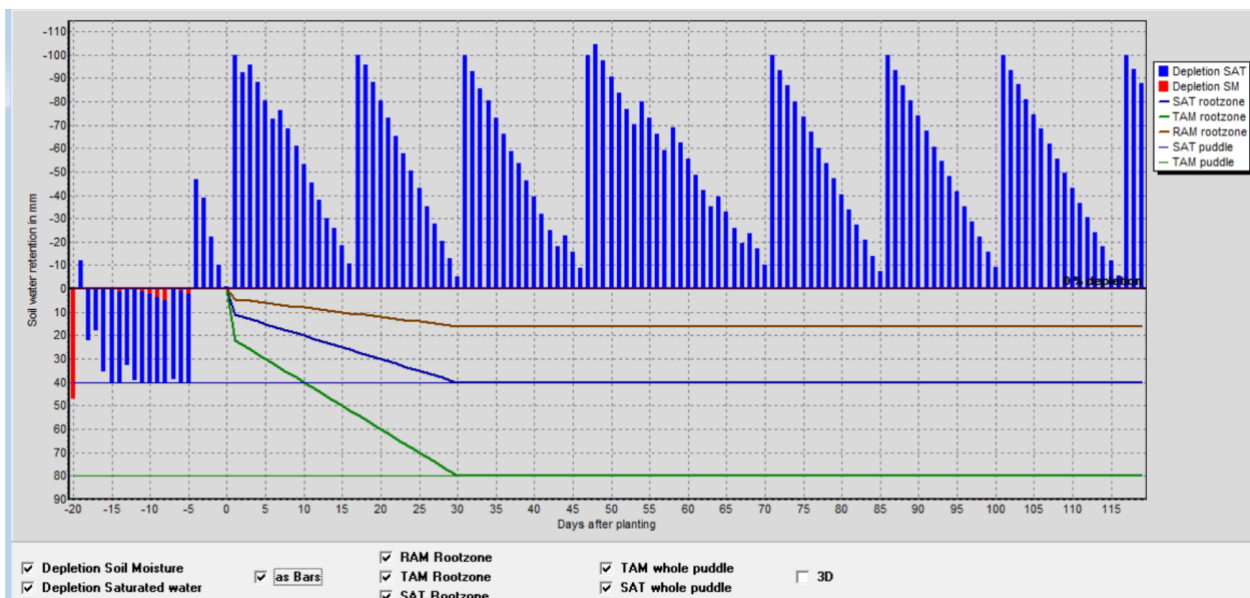
Month	Decade	Stage	Kc	ETc	Eff rain	Irr Req
			coeff	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Nov	2	Land Prep	1,05	44,1	47,7	100,6
Nov	3	Land Prep	1,05	43,7	48,0	90,0
Dec	1	Init	1,10	45,3	47,7	0,0
Dec	2	Init	1,10	44,8	50,0	0,0
Dec	3	Deve	1,08	48,2	48,6	0,0
Jan	1	Deve	1,05	42,3	45,4	0,0
Jan	2	Mid	1,02	40,8	43,7	0,0
Jan	3	Mid	1,01	44,8	48,0	0,0
Feb	1	Mid	1,01	41,1	56,3	0,0
Feb	2	Mid	1,01	41,4	61,7	0,0
Feb	3	Mid	1,01	33,3	52,2	0,0
Mar	1	Late	0,98	40,7	41,7	0,0
Mar	2	Late	0,93	38,8	34,2	4,6
Mar	3	Late	0,87	36,4	21,8	12,4
<b>Total</b>				<b>585,8</b>	<b>647,1</b>	<b>207,6</b>

Total kebutuhan irigasi sebesar 207,6 mm tergolong moderat dan masih dapat dipenuhi oleh curah hujan efektif jika waktu tanam ditetapkan secara tepat. Dengan demikian, dekade kedua November direkomendasikan sebagai periode tanam paling sesuai bagi padi sawah tadah hujan di Naen agar efisiensi pemanfaatan air hujan dapat dimaksimalkan.

### 3.7. Pemodelan dinamis Neraca Air Tanaman Padi

Pemodelan dinamis neraca air tanah merepresentasikan fluktuasi cadangan air tanah secara temporal sebagai akibat dari interaksi antara masukan air melalui curah hujan dan irigasi serta kehilangan air akibat evapotranspirasi dan perkolasi. Pola perubahan simpanan air tersebut ditampilkan pada Gambar 7 sebagai hasil simulasi sepanjang periode pengamatan.

Gambar tersebut menampilkan dinamika neraca air tanah dan kebutuhan air tanaman sepanjang siklus pertumbuhan padi yang dinyatakan dalam satuan hari setelah tanam. Batang atas yang berwarna biru menunjukkan suplai air dari curah hujan dan irigasi, yang berfluktuasi sesuai pola hujan musiman. Peningkatan suplai air terjadi pada pertengahan musim tanam, sedangkan penurunan terlihat menjelang akhir musim, mencerminkan karakter iklim monsun semi-arid yang tidak merata secara temporal. Garis biru pada bagian bawah menggambarkan tingkat depleksi air tanah terhadap cadangan air tersedia (*Total Available Water/TAW*) dan ambang air mudah tersedia (*Readily Available Water/RAW*). Selama fase awal hingga vegetatif, depleksi masih berada di atas RAW, menandakan kondisi air relatif aman (Syahlevi *et al.*, 2024). Namun pada periode ketika suplai air menurun, depleksi mendekati atau melewati RAW, yang mengindikasikan potensi cekaman air dan perlunya irigasi tambahan, terutama pada fase generatif yang sensitif terhadap defisit air.



Gambar 7. Pemodelan Dinamis Kebutuhan Air Tanaman

Pola ini menunjukkan bahwa keseimbangan antara hujan, simpanan air tanah, dan kebutuhan evapotranspirasi sangat menentukan keberhasilan budidaya padi sawah tadah hujan. Pemodelan neraca air tanah secara dinamis seperti ini efektif untuk menentukan waktu irigasi yang tepat dan mencegah defisit air pada fase kritis pertumbuhan tanaman. Pendekatan ini sejalan dengan konsep FAO tentang kebutuhan air tanaman berbasis neraca air tanah dan iklim lokal, serta terbukti meningkatkan efisiensi penggunaan air di wilayah monsun dan semi-arid (Allen *et al.*, 1998; Aslam *et al.*, 2025).

### 3.8. Strategi Optimasi Pengelolaan air

Berdasarkan hasil pemodelan kebutuhan air tanaman, optimasi pengelolaan air di wilayah Naen perlu difokuskan pada penyesuaian waktu tanam, pengaturan distribusi air, dan pemanfaatan air hujan secara maksimal. Penetapan waktu tanam pada dekade kedua bulan November direkomendasikan karena bertepatan dengan awal peningkatan curah hujan, sehingga kebutuhan air pada fase awal pertumbuhan dapat dipenuhi terutama dari hujan dan mengurangi ketergantungan pada irigasi tambahan.

Pada periode Desember hingga Februari, ketika kebutuhan irigasi tercatat nol, strategi pengelolaan air diarahkan pada pemeliharaan kondisi kelembapan tanah melalui pengendalian drainase dan genangan dangkal agar air hujan yang tersedia tidak terbuang sebagai limpasan. Langkah ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan air hujan dan menjaga ketersediaan air bagi tanaman. Memasuki akhir musim hujan, khususnya pada bulan Maret ketika kebutuhan air mulai meningkat kembali, diperlukan strategi konservasi air, seperti penyimpanan air pada petak sawah, pengaturan bukaan saluran drainase, serta pemanfaatan sumber air alternatif apabila tersedia. Upaya ini penting untuk mencegah terjadinya defisit air pada fase generatif hingga pengisian bulir yang sangat menentukan hasil panen.

Secara keseluruhan, optimasi pengelolaan air di Naen dilakukan melalui integrasi antara penjadwalan tanam berbasis iklim, pemanfaatan maksimal air hujan, serta pengelolaan air sisa menjelang akhir musim hujan. Pendekatan ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air, menekan risiko kekeringan pada fase kritis tanaman, dan mendukung keberlanjutan sistem budidaya padi di wilayah lahan kering semi-arid.

## 4. Kesimpulan

Hasil pemodelan menunjukkan bahwa kebutuhan air irigasi padi di Naen sebesar 207,6 mm per musim tanam. Nilai ini tergolong moderat dan dapat dipenuhi oleh curah hujan efektif apabila waktu tanam disesuaikan dengan awal musim hujan. Pemodelan menggunakan Cropwat 8.0 terbukti mampu menggambarkan kebutuhan air tanaman secara dinamis sesuai kondisi iklim semi-arid. Hasil ini menegaskan bahwa penjadwalan tanam berbasis informasi iklim merupakan kunci

utama dalam optimasi pengelolaan air, sehingga penggunaan air menjadi lebih efisien dan budidaya padi di lahan kering semi-arid Naen dapat berlangsung secara berkelanjutan.

### Singkatan yang Digunakan

BMKG	Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika
CWR	<i>Crop Water Requirement</i>
Dec	<i>Decade</i>
ET <sub>o</sub>	Evapotranspirasi Referensi
ET <sub>c</sub>	Evapotranspirasi Tanaman
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
K <sub>c</sub>	<i>crop coefficient</i>
Mm	milimeter
NTT	Nusa Tenggara Timur
TAW	<i>Total Available Water</i>

### Pernyataan Ketersediaan Data

Data akan tersedia berdasarkan permintaan

### Kontribusi Para Penulis

**Zofar Agluis Banunaek:** bertindak sebagai peneliti utama yang bertanggung jawab atas perumusan konsep dan desain penelitian, pengumpulan serta pengolahan data iklim, tanah, dan tanaman, pelaksanaan pemodelan kebutuhan air menggunakan Cropwat 8.0, serta penulisan draf awal naskah hingga finalisasi artikel. **Kristina Irnasari Naikofi:** berperan dalam kegiatan pengumpulan data lapangan, pengecekan dan validasi data, analisis dan interpretasi hasil pemodelan, serta berkontribusi dalam penyusunan dan penyempurnaan naskah, terutama pada bagian metode penelitian dan pembahasan.

### Pernyataan Konflik Kepentingan

Tidak adanya konflik kepentingan yang berarti dari penulis.

### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LP2M) Universitas Timor atas dukungan pendanaan melalui skema Penelitian Dosen Pemula, sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik. Penulis juga mengapresiasi seluruh pihak yang telah membantu dalam pengumpulan data dan pelaksanaan penelitian di lapangan.

### Daftar Pustaka

- Abebe, N., & Temam, M. (2024). Water Requirement and Irrigation Scheduling of Selected Vegetable Crops Grown in Welmera District, Central Highland of Ethiopia. *Middle East Research Journal of Agriculture and Food Science*, 4(4), 131–140. <https://doi.org/10.36348/merjafs.2024.v04i04.001>
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56*. Italy. FAO 1998. <https://www.fao.org/4/x0490e/x0490e00.htm>
- Anika, N., Kusmali, M., Harmiansyah, H., Gumaran, S., & Ridwan, R. (2024). Water Productivity

- of Mustard Green (*Brassica Juncea L.*) with Variation of Irrigation Systems. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 13(3). <https://doi.org/10.23960/jtep-l.v13i3.831-838>
- Aslam, F. M., Sidiq, I. A., & Fauzi, N. K. (2025). Pergeseran Tipe Iklim Di Wilayah NTT Menggunakan Klasifikasi Iklim Schmidth Fergusson Tahun 1971-2020. *Jurnal Penelitian Geografi*, 4(1). <https://ejournal.ung.ac.id/index.php/geojpg/article/view/30905>
- Avianto, Y., Pratama, A. B., Noviyanto, A., & Fauzi, F. R. (2024). Analyzing the Influence of Altitudinal Gradients on Clove Physiology and Yield in the Menoreh Highlands. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(4). [10.29303/jbt.v24i4.7562](https://doi.org/10.29303/jbt.v24i4.7562)
- Dasril, Istijino, B., & Nurhamidah. (2021). Evaluasi Kebutuhan Air Irigasi dengan Aplikasi Cropwat 8.0 Daerah Irigasi Amping Parak. *Rang Teknik Journal*, 4(2), 374–382. [https://www.researchgate.net/publication/352140696\\_EVALUASI\\_KEBUTUHAN\\_AIR\\_IRIGASI\\_DENGAN\\_APLIKASI\\_CROPWAT\\_80\\_DAERAH\\_IRIGASI\\_AMPING\\_PARAK](https://www.researchgate.net/publication/352140696_EVALUASI_KEBUTUHAN_AIR_IRIGASI_DENGAN_APLIKASI_CROPWAT_80_DAERAH_IRIGASI_AMPING_PARAK)
- Nath, S., Devakumar, N., Patra, S. S., & Nanda, A. (2022). Estimation of Crop Water Requirement and Irrigation Scheduling of Rice in Shivamogga District of Karnataka Using FAO CROPWAT. *Journal of Cereal Research*, 14(Spl2). <https://doi.org/10.25174/2582-2675/2022/125782>
- Putra, M. H. S. (2025). Analisis Kebutuhan Air Irigasi Menggunakan Software Cropwat 8.0 ( Studi Kasus : Daerah Irigasi Sekampung Batanghari ). *Jurnal Ilmu dan Terapan Bidang Teknik Sipil*, 30(2), 246–55. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/mkts/article/download/66772/28220>
- Putri, S. K., Baskoro, D. P. T., & Rachman, L. M. (2021). Analysis of Soil Physics Quality Index in Terms of Soybean Crop Productivity. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 45(2), 163–73. <https://epublikasi.pertanian.go.id/berkala/jti/article/view/3280>
- Qin, M., Hao, L., Sun, L., Liu, Y., & Sun, G. (2017). Climatic Controls on Watershed Reference Evapotranspiration Vary Dramatically during the Past 50 Years in Southern China. *Hydrology and Earth System Sciences*, 1(40). <https://doi.org/10.5194/hess-2017-241>
- Ridwan, R., Amin, M., Asmara, S., & Ramadhani, J. (2022). Analisis Perencanaan Bangunan Bendung Untuk Kebutuhan Air Irigasi di Das Way Pemerihan Kecamatan Bengkunt Kabupaten Pesisir Barat. *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*, 1(3). <https://doi.org/10.23960/jabe.v1i3.6334>
- Safitri, D. E., Ahmad, A., & Nathan, M. (2021). Study of Soil Management in Rice Fields in Bantimurung District Maros Regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 807. [10.1088/1755-1315/807/4/042008](https://doi.org/10.1088/1755-1315/807/4/042008)
- Sagita, D., Oksana, O., & Septirosya, T. (2020). Estimasi Kebutuhan Air Irigasi Padi (*Oryza Sativa L.*) Di Desa Koto Perambahan Kecamatan Kampar Timur Berdasarkan Model Software Cropwat 8.0. *Jurnal Agroteknologi*, 11(1), 17–24. [http://dx.doi.org/10.24014/ja.v11i1.9988](https://dx.doi.org/10.24014/ja.v11i1.9988)
- Syahlevi, S. I., Nurhamidah, & Junaidi. (2024). Estimating Paddy Field Water Requirements Using CROPWAT 8.0: A Case Study in Anai Irrigation Area, West Sumatra, Indonesia. *LIMNOTEK Perairan Darat Tropis di Indonesia*, 30(2), 46-55. <https://doi.org/10.55981/limnotek.2024.4985>
- Tubani, R. M., Wilhelmus, I. M. U., & Bunganaen. (2024). Analisis Ketersediaan Debit Air Irigasi Terhadap Pola Tanam Masyarakat Pada Daerah Irigasi Haekrit Kabupaten Belu. *Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS)*, 2(5). <https://doi.org/10.62603/konteks.v2i5.199>
- Zega, N. D. (2024). Pengaruh Tekstur Dan Struktur Tanah Terhadap Distribusi Air Dan Udara Di Profil Tanah. *Jurnal Ilmu Pertanian*, 1(2). <https://doi.org/10.70134/penarik.v1i2.52>