



OPTIMASI PEMANFAATAN AIR IRIGASI DI DAERAH IRIGASI WIDAS KABUPATEN NGANJUK (STUDI KASUS DAERAH IRIGASI NGUDIKAN KANAN)

Dewa Laksa Fajar¹⁾, Siti Talitha Rachma²⁾

¹⁾Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia
Email: dewalaksa@gmail.com

²⁾Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia
Email: sitirach89@gmail.com

Abstract

The Ngudikan Kanan Irrigation Area is one of the main pillars of the agricultural sector in Nganjuk Regency, serving a paddy field area of 1,418 hectares, with water supply sourced from the Bening Reservoir. Despite having significant agricultural potential, water availability in this area is highly vulnerable to hydrological fluctuations during the dry season. This condition triggers shortages and unequal distribution of irrigation water, which directly impacts the decline in the quality and quantity of crop yields. Considering that existing water management evaluations have not yet produced a quantitatively optimal allocation scenario, this study aims to develop an optimization scenario for water allocation and planting schedules to maximize the utilization of water resources in the Ngudikan Kanan Irrigation Area. In this study, an optimization technique known as dynamic programming was utilized to calculate the water distribution to be channeled to various tapping structures within the irrigation system. Dynamic programming is a method used to maximize the decision-making process involving various stages, which is divided into two types: deterministic and stochastic. In this research, the applied method is deterministic dynamic programming. Based on the optimization results using deterministic dynamic programming, the profit from agricultural productivity based on the channeled discharge shows a linear relationship, where an increase in water flow efficiency results in an increase in crop yields and farmers' income. With the optimal allocation pattern, the total agricultural profit increases, with the total profit of water provision for each stage or irrigation structure amounting to Rp.56.467.681.684,27. This indicates a 5% increase compared to the pre-optimization profit of Rp.53.546.370.437,40. Therefore, it can be concluded that the deterministic dynamic programming optimization has successfully increased the profit obtainable by farmers, with a profit margin difference of Rp.2.921.311.246,87 compared to the conditions before optimization.

Keywords: Optimization, Deterministic, Dynamic Programming, Irrigation.

Abstrak

Daerah Irigasi (DI) Ngudikan Kanan merupakan salah satu penopang utama sektor pertanian di Kabupaten Nganjuk yang melayani areal persawahan seluas 1.418 Ha, dengan pasokan air bersumber dari Waduk Bening. Meskipun memiliki potensi pertanian yang besar, ketersediaan air di kawasan ini sangat rentan terhadap fluktuasi hidrologi pada musim kemarau. Kondisi tersebut memicu kekurangan dan ketidakmerataan distribusi air irigasi yang berdampak langsung pada penurunan kualitas dan kuantitas hasil panen. Mengingat evaluasi pengelolaan air yang ada selama ini belum menghasilkan skenario pengalokasian yang optimal secara kuantitatif, maka penelitian ini bertujuan untuk menyusun skenario optimasi alokasi air dan penjadwalan tanam guna memaksimalkan pemanfaatan sumber daya air di DI Ngudikan Kanan. Dalam penelitian ini, digunakan teknik optimasi yang dikenal dengan pemrograman dinamik untuk menghitung distribusi air yang akan disalurkan ke berbagai bangunan sadap dalam suatu sistem irigasi. Pemrograman dinamik merupakan metode yang digunakan untuk memaksimalkan proses pengambilan keputusan yang melibatkan berbagai tahapan, yang dibagi menjadi dua jenis, yaitu deterministik dan stokastik. Dalam penelitian ini, metode pemrograman dinamik yang diterapkan adalah pemrograman dinamik deterministik. Berdasarkan hasil optimasi dengan dinamik deterministik, Keuntungan dari hasil produktivitas pertanian berdasarkan debit yang dialirkan menunjukkan hubungan yang linier, di mana peningkatan efisiensi aliran air menghasilkan peningkatan hasil panen dan pendapatan petani. Dengan pola alokasi optimal, keuntungan total pertanian meningkat sebesar total keuntungan penyediaan air untuk setiap tahapan atau bangunan irigasi adalah sebesar Rp.56.467.681.684,27. Hal ini menunjukkan peningkatan sebesar 5% dibanding keuntungan sebelum optimasi sebesar Rp.53.546.370.437,40. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa optimasi program dinamik deterministik telah berhasil meningkatkan keuntungan yang dapat diperoleh petani, dengan selisih keuntungan sebesar Rp.2.921.311.246,87. dibandingkan sebelum optimasi.

Kata Kunci: Optimasi, Deterministik, Program Dinamik, Irigasi.



PENDAHULUAN

Kabupaten Nganjuk merupakan wilayah yang sebagian besar mata pencaharian masyarakatnya bergantung pada sektor pertanian. Aktivitas pertanian ini menjadi penopang utama perekonomian lokal, terutama di wilayah pedesaan. Salah satu kecamatan yang memiliki ketergantungan tinggi terhadap sektor pertanian adalah Kecamatan Wilangan, di mana sebagian besar masyarakatnya berprofesi sebagai petani. Dalam konteks tersebut, ketersediaan air irigasi menjadi faktor yang sangat penting karena berperan langsung dalam menjaga keberlanjutan usaha tani, produktivitas lahan, serta kualitas hasil pertanian yang dihasilkan oleh masyarakat setempat. Dampak El Niño menyebabkan sebagian petani bawang merah melakukan panen dini akibat kekeringan. Strategi ini dilakukan untuk mengurangi risiko kerugian, namun berdampak pada penurunan ukuran umbi, kualitas hasil, dan nilai jual bawang merah dibandingkan panen pada umur optimal (Nugroho, 2023).

Salah satu jaringan irigasi penting di Kabupaten Nganjuk adalah Daerah Irigasi Ngudikan (terdiri dari Ngudikan Kiri dan Ngudikan Kanan) yang mengambil pasokan dari Bendung/Waduk Glatik/Widas untuk mengairi lahan sawah dan palawija di Kecamatan Bagor dan Rejoso. Pada salah satu studi menunjukkan bahwa luas lahan layanan Ngudikan Kirisekitar 657 ha dan intensitas tanam rata-rata tahunan mencapai $\pm 265\%$. Namun, pada musim kemarau terjadi kekurangan air lokal di saluran tersier/sekunder sehingga distribusi tidak merata dan beberapa area gagal memperoleh air yang cukup (Prabowo & Kustini, 2014).

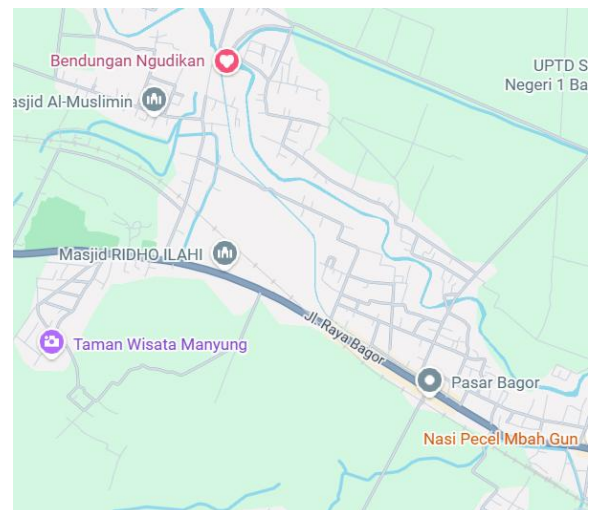
Beberapa penelitian terdahulu terkait irigasi di Kabupaten Nganjuk seperti evaluasi pola tanam di Daerah Irigasi Ngudikan yang menunjukkan ketidaksesuaian antara kebutuhan air dan pola tanam aktual (Prabowo & Kustini, 2014) kajian optimasi pola tanam pada jaringan Irigasi Senggowar dan Widas yang menemukan adanya keterbatasan debit andalan pada musim kemarau (Rahayu dkk., 2015), serta penilaian kinerja jaringan irigasi Mlilir yang mengidentifikasi kehilangan air pada saluran dan rendahnya efisiensi distribusi (Kusuma, 2019) menggambarkan bahwa masalah utama irigasi di Nganjuk tidak hanya berasal dari ketersediaan sumber air, tetapi juga dari pengelolaan dan penjadwalan tanam yang belum optimal. Selain itu, kerentanan wilayah hilir Sub DAS Widas terhadap kekeringan musiman memperkuat kebutuhan untuk menata ulang strategi alokasi air agar lebih responsif terhadap kondisi hidrologi yang fluktuatif (Irsam dkk., 2025). Kajian-kajian tersebut memberikan dasar yang kuat, namun sebagian besar masih berfokus pada evaluasi dan belum menghasilkan skenario pengalokasian air yang optimal secara kuantitatif (Kusuma, 2019; Prabowo & Kustini, 2014; Rahayu dkk., 2015).

Oleh karena itu, penerapan metode optimasi berbasis pemrograman dinamik (Dynamic programming) menjadi sangat relevan. Pemrograman dinamik mampu memecah persoalan alokasi air yang kompleks menjadi tahapan keputusan yang lebih kecil dan terstruktur, sehingga memungkinkan pencarian kombinasi keputusan terbaik

pada setiap periode pengairan. Metode ini cocok diterapkan di Daerah Irigasi Ngudikan yang memiliki karakter debit yang berubah setiap musim, kebutuhan air tanaman yang berbeda pada tiap fase pertumbuhan, serta beragam alternatif pola tanam yang harus dipilih sesuai kondisi pasokan air. Dengan pendekatan ini, dapat dianalisis berbagai skenario untuk memaksimalkan luas tanam, produktivitas, maupun efisiensi penggunaan air secara menyeluruh. Mengingat adanya risiko kekeringan dan pentingnya komoditas seperti bawang merah yang sensitif terhadap defisit air, pemrograman dinamik memberikan kerangka matematis yang kuat untuk merumuskan keputusan alokasi air dan pola tanam yang lebih efektif (Irsam dkk., 2025; Rahayu dkk., 2015).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini termasuk dalam penelitian kuantitatif menggunakan data yang sudah dikumpulkan, kemudian dilakukan analisis data menggunakan program dinamik (dynamic programming) khususnya dinamik deterministik. Program ini diolah menggunakan Microsoft Excel dengan tujuan untuk menetapkan luas lahan optimal berdasarkan keterbatasan ketersediaan air dan pola tata tanam.



Gambar 3. 1 Lokasi penelitian

Sumber: Google Maps

Daerah studi dalam penelitian ini merupakan bagian dari sistem irigasi Daerah Irigasi Widas yang berada di Kabupaten Nganjuk, Jawa Timur. Sumber air utama Daerah Irigasi Widas berasal dari Waduk Bening, yang kemudian dialirkan melalui jaringan irigasi utama untuk melayani beberapa sub daerah irigasi. Salah satu sub sistem yang termasuk dalam Daerah Irigasi Widas adalah Sub Daerah Irigasi Ngudikan Kanan.

Sub Daerah Irigasi Ngudikan Kanan secara administratif terletak di Desa Ngudikan, Kecamatan Wilangan, Kabupaten Nganjuk, dengan luas layanan irigasi sebesar ± 1418 ha. Pengelolaan jaringan irigasi pada wilayah ini berada di bawah koordinasi UPTD Pengelolaan Sumber Daya Air Widas Kabupaten Nganjuk. Dalam sistem ini, air dari Waduk Bening dialirkan melalui jaringan Daerah Irigasi Widas dan selanjutnya



didistribusikan ke Sub Daerah Irigasi Ngudikan Kanan untuk memenuhi kebutuhan air pertanian. Wilayah DI Widas meliputi beberapa Sub DI seperti pada tabel 3.1 dibawah.

Tabel 3. 1 Wilayah DI Widas dari sumber Waduk Bening

No	Sub DI	Kecamatan	Kabupaten
1	Glatik	Saradan	Madiun
2	Ngudikan	Wilangan	Nganjuk
3	Pohgosong	Rejoso	Nganjuk
4	Jati	Rejoso	Nganjuk
5	Jeneng	Rejoso	Nganjuk
6	Margomulyo	Rejoso	Nganjuk
7	Jatirejo	Rejoso	Nganjuk
8	Kedungpandang	Rejoso	Nganjuk
9	Wengkal	Rejoso	Nganjuk
10	Senggowar	Gondang	Nganjuk
11	Ngrambek	Gondang	Nganjuk

Sumber: Laporan Interim BBWS Brantas

Berikut adalah data-data yang digunakan sebagai pendukung, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Data Debit air

Data debit pada Daerah Irigasi Ngudikan Kanan digunakan sebagai dasar analisa ketersediaan air. Data tersebut diperoleh dari hasil pencatatan oleh UPTD PSDA Widas selama periode tahun 2025.

2. Skema Daerah Irigasi

Berdasarkan skema jaringan irigasi yang diperoleh dari BBWS BRANTAS, Pada skema DI Widas khususnya pada DI Ngudikan Kanan dibagi menjadi beberapa saluran sekunder yang terdiri dari sekunder Karang Tengah, sekunder Ngrombot, sekunder Jasem dan sekunder Paron.

3. Data Curah hujan

Data curah hujan akan digunakan untuk menghitung curah hujan efektif yang dibutuhkan dalam perencanaan kebutuhan air irigasi. Dalam studi ini, data yang digunakan merupakan data curah hujan periode tahun 2023 hingga 2025, yang diperoleh dari UPTD PSDA Widas, Kabupaten Nganjuk.

4. Data Klimatologi

Data klimatologi mencakup parameter-parameter seperti temperatur rata-rata, kecepatan angin, durasi penyinaran matahari, dan kelembaban relatif pada wilayah Kabupaten Nganjuk.

5. Data Rencana Tata Tanam Global (RTTG)

Data RTTG berisi informasi mengenai luas baku sawah, pola tata tanam yang diterapkan, serta jadwal tanam untuk setiap musim dalam satu tahun. Selain itu, data ini juga memuat jenis komoditas yang dibudidayakan pada daerah irigasi, yang meliputi tanaman padi, tebu, serta palawija seperti kedelai, dan tanaman hortikultura lainnya seperti bawang merah. Data tersebut diperoleh dari

UPTD Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA) Widas Kabupaten Nganjuk.

Penyelesaian studi optimasi air irigasi agar mencapai tujuan yang diharapkan, direncanakan sebagai berikut:

1. Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan cara menggali informasi dari jurnal, penelitian terdahulu dan catatan jurnalistik atau berita terkait daerah yang akan ditinjau dalam penelitian. Studi literatur berguna untuk mempelajari permasalahan yang terjadi pada daerah yang ditinjau sebagai dasar penelitian.

2. Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara pengumpulan data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait antara lain BBWS Brantas, Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Nganjuk dan UPTD PSDA Widas.

3. Analisis Ketersediaan Air

Analisis ketersediaan air dilakukan dengan cara analisis data berdasarkan data debit air yang diperoleh dari UPTD PSDA Widas.

4. Analisis Kebutuhan Air Tanaman

Kebutuhan air Tanaman diperoleh dari perhitungan evapotranspirasi dan analisis curah hujan. Data curah hujan dimanfaatkan untuk menghitung curah hujan efektif dengan menggunakan metode Poligon Thiessen. Nilai evapotranspirasi dihitung menggunakan metode Penman Modifikasi yang telah disesuaikan dengan keadaan daerah Indonesia. Setelah itu dilakukan perhitungan NFR berdasarkan data dari hasil perhitungan sebelumnya.

5. Optimasi Alokasi Air

Optimasi alokasi air akan dilakukan menggunakan metode pemrograman dinamik berdasarkan hasil analisis ketersediaan air dan analisis kebutuhan air pada tahapan sebelumnya.

6. Analisis hasil optimasi

Apabila hasil optimasi berdasarkan kondisi eksisting menunjukkan bahwa alokasi air telah optimal dan seluruh area layanan irigasi dapat terpenuhi kebutuhannya, maka penelitian dapat diakhiri dengan penarikan kesimpulan. Namun, apabila hasil analisis menunjukkan kondisi yang belum optimal, maka perlu dilakukan penyusunan alternatif pola tata tanam yang disesuaikan dengan ketersediaan air guna meningkatkan efisiensi distribusi air irigasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Ketersediaan Air Irigasi

Untuk mengetahui ketersediaan air irigasi, penelitian ini menggunakan data sepuluh harian debit pencatatan yang mengalir ke intake Daerah Irigasi Ngudikan Kanan. Data yang digunakan merupakan data debit intake terbaru, yaitu tahun 2025 yang diperlakukan sebagai debit andalan



80%. Tabel 4.1 di bawah ini menyajikan data sepuluh harian debit pencatatan yang mengalir ke intake.

Tabel 4. 1 Data Debit Intake

Bulan	Periode	l/det	m ³ /det
Nov	III	1126	1,126
Des	I	1116	1,116
	II	1060	1,060
	III	1008	1,008
Jan	I	1110	1,110
	II	1110	1,110
	III	1110	1,110
Feb	I	1110	1,110
	II	1110	1,110
	III	1110	1,110
Mar	I	1110	1,110
	II	1012	1,012
	III	1012	1,012
Apr	I	1065	1,065
	II	1227	1,227
	III	1026	1,026
Mei	I	1026	1,026
	II	1026	1,026
	III	1026	1,026
Jun	I	1026	1,026
	II	1007	1,007
	III	996	0,996
Jul	I	996	0,996
	II	618	0,618
	III	485	0,485
Agt	I	466	0,466
	II	487	0,487
	III	473	0,473
Sep	I	473	0,473
	II	498	0,498
	III	498	0,498
Okt	I	498	0,498
	II	498	0,498
	III	498	0,498
Nov	I	498	0,498
	II	740	0,740

Sumber: UPTD PSDA WIDAS

4.2. Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan Air Irigasi Kebutuhan air irigasi dikerjakan menggunakan perhitungan dari hilir ke hulu jaringan irigasi dan mencakup beberapa faktor yang mempengaruhinya, yaitu:

1. Perhitungan curah hujan efektif pada setiap tanaman.
2. Perhitungan evaporasi potensial.
3. Perhitungan kebutuhan air tanaman atau evapotranspirasi potensial.
4. Perhitungan penyiapan lahan.
5. Perhitungan laju perkolasi.
6. Perhitungan penggantian lapisan air (WLR).
7. Perhitungan kebutuhan air di sawah.
8. Penentuan nilai-nilai dari efisiensi irigasi

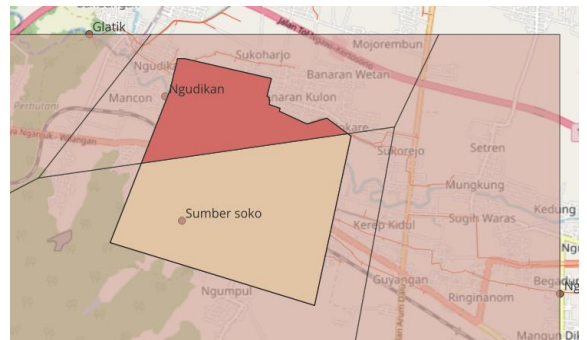
9. Perhitungan kebutuhan air irigasi pada bangunan pengambilan

1. Analisa Curah Hujan

Analisis curah hujan merupakan proses mengidentifikasi dan memahami jenis curah hujan yang terjadi di suatu lokasi tertentu. Curah hujan memiliki dampak yang signifikan terhadap ketersediaan air untuk irigasi, sehingga penting untuk pertanian.

Untuk menentukan nilai curah hujan efektif dan curah hujan andalan, curah hujan akan dianalisis terlebih dahulu. Data yang dipakai adalah curah hujan harian selama tiga tahun terakhir, dimulai tahun 2023-2025.

Dalam penelitian ini, diperoleh data dari UPTD PSDA WIDAS sebanyak lima stasiun hujan. Namun setelah dilakukan analisa menggunakan software QGIS terdapat 2 stasiun hujan yang berpengaruh di lokasi penelitian yaitu, Stasiun Ngudikan dan Stasiun Sumber Soko.



Gambar 4. 1 Stasiun Hujan yang berpengaruh
Sumber: Hasil perhitungan, 2026

a. Curah Hujan Daerah

Curah hujan daerah dihitung dengan menggunakan data curah hujan 10 harian dalam 3 tahun pada periode tahun 2023 hingga 2025. Pada studi ini, metode yang digunakan untuk menghitung curah hujan daerah adalah metode Poligon Thiessen. Contoh perhitungan curah hujan daerah pada bulan Januari periode I tahun 2023 adalah sebagai berikut.

Diketahui:

Curah hujan Stasiun Ngudikan = 91 mm

Curah hujan Stasiun SB Soko = 73 mm

Luas terpengaruh Stasiun Ngudikan= 3,5 km²

Luas terpengaruh Stasiun SB Soko= 8,6 km²

$$\begin{aligned}
 ch &= \sum_{n=1}^n \frac{Ch_n A_n}{A_n} \\
 ch &= \frac{((91 \times 3,5) + (73 \times 8,6))}{(3,5 + 8,6)} \\
 ch &= 78,21 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Hasil perhitungan curah hujan daerah per periode 10 harian untuk setiap tahunnya dapat disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4. 2 Curah hujan wilayah 2023

No	Bulan	curah hujan wilayah		
		I	II	III
1	Januari	78,21	55,52	88,18
2	Februari	92,91	58,21	111,14
3	Maret	84,81	67,57	76,50
4	April	48,58	44,64	20,26
5	Mei	0,00	0,00	0,00
6	Juni	0,00	0,00	0,00
7	Juli	0,00	0,00	0,00
8	Agustus	0,00	0,00	0,00
9	September	0,00	0,00	0,00
10	Oktober	0,00	0,00	0,00
11	November	10,89	2,89	37,74
12	Desember	112,76	12,00	106,87

Sumber: Hasil Perhitungan, 2026

Tabel 4. 3 Curah Hujan Wilayah 2024

No	Bulan	curah hujan wilayah		
		I	II	III
1	Januari	189,43	150,02	40,74
2	Februari	150,03	122,07	37,21
3	Maret	190,56	39,55	73,29
4	April	34,55	42,42	115,17
5	Mei	0,00	18,35	1,42
6	Juni	10,71	25,82	6,71
7	Juli	0,00	0,00	0,00
8	Agustus	0,00	0,00	0,00
9	September	0,00	21,84	44,47
10	Oktober	0,00	0,00	80,43
11	November	84,75	40,86	40,86
12	Desember	180,26	40,63	111,71

Sumber: Hasil Perhitungan, 2026

Tabel 4. 4 Curah hujan Wilayah 2025

No	Bulan	curah hujan wilayah		
		I	II	III
1	Januari	89,46	60,36	139,88
2	Februari	24,42	30,13	120,86
3	Maret	147,38	107,93	65,42
4	April	83,22	39,50	2,13
5	Mei	28,50	201,60	20,13
6	Juni	91,71	23,42	2,00
7	Juli	20,11	0,00	0,00
8	Agustus	0,00	23,00	0,00
9	September	0,00	1,42	9,81
10	Oktober	9,81	0,00	33,11
11	November	186,84	190,12	112,15
12	Desember	120,61	76,64	217,21

Sumber: Hasil Perhitungan, 2026

b. Curah Hujan Andalan

Menghitung curah hujan andalan dengan menggunakan metode Basic Month dengan peluang kejadian sebesar 80%. Curah hujan andalan digunakan untuk menentukan besarnya curah hujan efektif pada setiap

tanaman yang digunakan pada periode musim tanam tertentu. Curah hujan andalan didapatkan dengan mengurutkan curah hujan rerata bulanan dari terbesar hingga terkecil. Kemudian, menggunakan rumus Weibull untuk menentukan data curah hujan yang dipilih seperti berikut.

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\%$$

$$R_{80} = \frac{m}{3+1} \times 100\%$$

$$0,8 = \frac{m}{4}$$

$$m = 3,2$$

Dari perhitungan diatas, maka data yang digunakan sebagai dasar perencanaan curah hujan andalan adalah data dengan urutan ke-3 setelah diurutkan dari terbesar hingga terkecil pada setiap periode bulannya.

Tabel 4. 5 Curah hujan andalan

10 Harian		Tahun Berdasarkan Curah Hujan		
		1	2	3
Jan	I	189,43	89,46	78,21
	II	150,02	60,36	55,52
	III	139,88	88,18	40,74
Feb	I	150,03	92,91	24,42
	II	122,07	58,21	30,13
	III	120,86	111,14	37,21
Mar	I	190,56	147,38	84,81
	II	107,93	67,57	39,55
	III	76,5	73,29	65,42
Apr	I	83,22	48,58	34,55
	II	44,64	42,42	39,50
	III	115,17	20,26	2
Mei	I	28,5	0,00	0
	II	201,6	18,35	0
	III	20,13	1,42	0
Jun	I	91,71	10,71	0
	II	25,82	23,42	0
	III	6,71	2,00	0
Jul	I	20,11	0,00	0
	II	0	0,00	0
	III	0	0,00	0
Agt	I	0	0,00	0
	II	23	0,00	0
	III	0	0,00	0
Sep	I	0	0,00	0
	II	21,84	1,42	0
	III	44,47	9,81	0
Okt	I	9,81	4,29	0
	II	0	0,00	0
	III	80,43	33,11	0
Nov	I	186,84	84,75	58,76
	II	190,12	40,86	25,53
	III	112,15	40,86	31,13
Des	I	180,26	120,61	61,88
	II	76,64	53,97	40,63
	III	217,21	111,71	57,77

Sumber: Hasil Perhitungan, 2026

c. Curah Hujan Efektif



Perhitungan curah hujan efektif dilakukan pada masing-masing jenis tanaman. Pada studi ini digunakan empat jenis tanaman yaitu padi, palawija (bawang dan kedelai) dan tebu. Pada masing-masing tanaman tersebut memiliki koefisien yang berbeda-beda. Berikut merupakan uraian perhitungan curah hujan efektif pada masing-masing jenis tanaman periode I Bulan Januari.

Diketahui:

$$R_{80} = 78,21 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Repadi} &= \frac{0,7 \times R_{80}}{10} \\ &= \frac{0,7 \times 78,21}{10} \\ &= 5,47 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Repalawija} &= \frac{0,5 \times R_{80}}{10} \\ &= \frac{0,5 \times 78,21}{10} \\ &= 3,91 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Retebu} &= \frac{0,6 \times R_{80}}{10} \\ &= \frac{0,6 \times 78,21}{10} \\ &= 4,69 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan curah hujan efektif tiap tanaman selengkapnya ditabelkan pada tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Curah Hujan Efektif

10 Harian		R80 (mm)	Re Padi (mm/h ari)	Re palawi ja (mm/h ari)	Re Tebu (mm/h ari)
Jan	I	78,21	5,47	3,91	4,69
	II	55,52	3,89	2,78	3,33
	III	40,74	2,85	2,04	2,44
Feb	I	24,42	1,71	1,22	1,47
	II	30,13	2,11	1,51	1,81
	III	37,21	2,60	1,86	2,23
Mar	I	84,81	5,94	4,24	5,09
	II	39,55	2,77	1,98	2,37
	III	65,42	4,58	3,27	3,93
Apr	I	34,55	2,42	1,73	2,07
	II	39,50	2,77	1,98	2,37
	III	2	0,15	0,11	0,13
Mei	I	0	0,00	0,00	0,00
	II	0	0,00	0,00	0,00
	III	0	0,00	0,00	0,00
Jun	I	0	0,00	0,00	0,00
	II	0	0,00	0,00	0,00
	III	0	0,00	0,00	0,00
Jul	I	0	0,00	0,00	0,00
	II	0	0,00	0,00	0,00
	III	0	0,00	0,00	0,00
Agt	I	0	0,00	0,00	0,00
	II	0	0,00	0,00	0,00
	III	0	0,00	0,00	0,00
Sep	I	0	0,00	0,00	0,00
	II	0	0,00	0,00	0,00
	III	0	0,00	0,00	0,00
Okt	I	0	0,00	0,00	0,00
	II	0	0,00	0,00	0,00
	III	0	0,00	0,00	0,00
Nov	I	58,76	4,11	2,94	3,53

	II	25,53	1,79	1,28	1,53
	III	31,13	2,18	1,56	1,87
Des	I	61,88	4,33	3,09	3,71
	II	40,63	2,84	2,03	2,44
	III	57,77	4,04	2,89	3,47

Sumber: Hasil Perhitungan, 2026

2. Evapotranspirasi Potensial

Perhitungan evapotranspirasi potensial dapat dianalisa dengan menggunakan data-data klimatologi antara lain data suhu, kelembapan udara, lama penyinaran, dan kecepatan angin. Pada studi ini, data klimatologi yang digunakan adalah data klimatologi rata-rata selama 3 tahun dari BMKG Stasiun Geofisika Nganjuk tahun 2023 hingga 2025. Untuk data lengkapnya dapat dilihat pada bagian lampiran 4 hingga lampiran 6. Berikut merupakan contoh uraian perhitungan evapotranspirasi potensial menggunakan rumus Penman modifikasi pada Bulan Januari diuraikan seperti dibawah ini.

Diketahui:

$$\text{Suhu rata-rata (T)} = 23,77 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Kelembaban rata-rata (RH)} = 64,95 \%$$

$$\text{Kecepatan angin (u)} = 1,151 \text{ m/detik}$$

3. Kebutuhan Air Tanaman

Jenis tanaman yang akan ditanam menentukan seberapa banyak air yang dibutuhkan untuk tanaman atau evapotranspirasi potensial. Ada empat jenis tanaman yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu palawija, padi, dan tebu. Palawija yang digunakan adalah bawang dan kedelai.

4. Penyiapan Lahan

Penyiapan lahan merupakan kegiatan yang dilakukan sebelum lahan digunakan untuk menanam padi. Penyiapan lahan juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi jumlah air irigasi yang dibutuhkan. Pada saat penyiapan lahan, dapat digunakan metode Van de Goor dan Zijlstra untuk menentukan jumlah yang dibutuhkan untuk air. Berikut merupakan contoh perhitungan kebutuhan air untuk penyiapan lahan pada Bulan Januari.

$$E_{to} = 4,869 \text{ mm/hari}$$

$$E_o = 1,1 \times E_{to}$$

$$E_o = 5,356 \text{ mm/hari}$$

$$P = 2 \text{ mm/hari}$$

$$M = P + E_o$$

$$M = 2 + 5,356$$

$$M = 7,356 \text{ mm/hari}$$

$$T = 30 \text{ hari}$$

$$S = 250 \text{ mm}$$

$$k = \frac{M \times T}{S}$$

$$k = \frac{7,356 \times 30}{250}$$

$$k = 0,883$$



$$e=2,718$$

$$PL=\frac{M \times e^k}{e^k - 1}$$

$$PL=\frac{7,356 \times 2,42}{2,42 - 1}$$

$$PL=12,546 \text{ mm/hari}$$

$$PL=376,382 \text{ mm/bulan}$$

5. Perkolasi

Perkolasi terjadi ketika air bergerak secara vertikal melalui profil tanah pada kondisi tanah jenuh akibat genangan air yang berlangsung secara terus-menerus. Nilai perkolasi ditentukan oleh jenis tanah di sekitar lokasi penelitian. Pada DI Ngudikan, susunan tanah terdiri atas fraksi liat (clay) sebesar 51%, debu (silt) sebesar 29%, dan pasir (sand) sebesar 20% yang memiliki karakteristik tekstur lempung liat berdebu. Berdasarkan USDA Soil Texture Triangle, komposisi tersebut termasuk dalam kelas tekstur lempung karena kandungan fraksi clay melebihi 40% (Utami & Soewandita, 2020). Nilai perkolasi untuk tanah jenis lempung adalah 1-2 mm/hari, seperti yang tercantum pada Tabel 2.1 Nilai perkolasi sebesar 2 mm/hari digunakan dalam penelitian ini untuk menghitung jumlah air irigasi yang dibutuhkan.

6. Penggantian Lapisan Air (WLR)

Pergantian lapisan air membutuhkan genangan air setinggi 50 mm selama 40 hari dan diberikan saat 30 hari setelah pemindahan tanaman. Proses tersebut hanya diperlukan untuk tanaman padi, sedangkan pada palawija proses tersebut tidak diperlukan. Maka, besar WLR dalam periode waktu tertentu adalah sebagai berikut.

$$WLR=\frac{50 \text{ mm}}{40 \text{ hari}}=1,250 \text{ mm/hari}$$

7. Efisiensi Irigasi

Rasio antara jumlah air yang diberikan dikurangi kehilangan air terhadap jumlah air yang diberikan disebut efisiensi irigasi. Kehilangan air pada saluran primer, sekunder, dan tersier menuju sawah berpengaruh terhadap nilai efisiensi irigasi. Dengan memperhatikan pola tanam yang ada, maka nilai efisiensi irigasi yang digunakan untuk Daerah Irigasi Ngudikan Kanan adalah sebesar 65%.

8. Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi merupakan jumlah air yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan air tanaman di lahan sawah. Kebutuhan air irigasi dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti koefisien tanaman, efisiensi irigasi, curah hujan efektif, perkolasi, evapotranspirasi potensial, penyiapan lahan, dan faktor lainnya. Berikut ini adalah contoh perhitungan kebutuhan air irigasi pada bulan November Periode III.

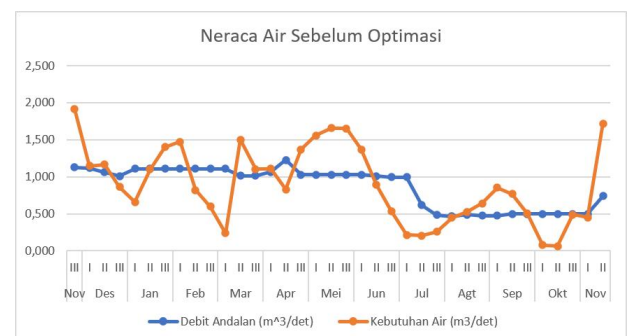
4.3. Neraca Air

Neraca air digunakan untuk mengetahui kesesuaian debit yang tersedia dengan debit kebutuhan irigasi untuk memenuhi kebutuhan air irigasi di Daerah Irigasi Ngudikan kanan.

Tabel 4. 15 Neraca Air Sebelum Optimasi

Bulan		Debit Andalan (m ³ /det)	Kebutuhan Air (m ³ /det)	Lebih (+) atau Kurang (-)	Kondisi
Nov	III	1,126	1,912	-0,786	Defisit
	I	1,116	1,146	-0,030	Defisit
Des	II	1,060	1,163	-0,103	Defisit
	III	1,008	0,864	0,144	Terpenuhi
Jan	I	1,110	0,657	0,453	Terpenuhi
	II	1,110	1,099	0,011	Terpenuhi
	III	1,110	1,402	-0,292	Defisit
Feb	I	1,110	1,471	-0,361	Defisit
	II	1,110	0,818	0,292	Terpenuhi
	III	1,110	0,599	0,511	Terpenuhi
Mar	I	1,110	0,240	0,870	Terpenuhi
	II	1,012	1,499	-0,487	Defisit
	III	1,012	1,101	-0,089	Defisit
Apr	I	1,065	1,109	-0,044	Defisit
	II	1,227	0,830	0,397	Terpenuhi
	III	1,026	1,369	-0,343	Defisit
Mei	I	1,026	1,556	-0,530	Defisit
	II	1,026	1,658	-0,632	Defisit
	III	1,026	1,652	-0,626	Defisit
Jun	I	1,026	1,369	-0,343	Defisit
	II	1,007	0,890	0,117	Terpenuhi
	III	0,996	0,538	0,458	Terpenuhi
Jul	I	0,996	0,216	0,780	Terpenuhi
	II	0,618	0,207	0,411	Terpenuhi
	III	0,485	0,256	0,229	Terpenuhi
Agt	I	0,466	0,446	0,020	Terpenuhi
	II	0,487	0,525	-0,038	Defisit
	III	0,473	0,638	-0,165	Defisit
Sep	I	0,473	0,851	-0,378	Defisit
	II	0,498	0,767	-0,269	Defisit
	III	0,498	0,500	-0,002	Defisit
Okt	I	0,498	0,079	0,419	Terpenuhi
	II	0,498	0,064	0,434	Terpenuhi
	III	0,498	0,487	0,011	Terpenuhi
Nov	I	0,498	0,453	0,045	Terpenuhi
	II	0,740	1,716	-0,976	Defisit
Total periode terpenuhi				=	17
Persentase periode terpenuhi				=	47%

Sumber: Hasil perhitungan, 2026



Gambar 4. 2 Neraca Air Sebelum Optimasi

Sumber: Hasil perhitungan, 2026

Berdasarkan analisa diatas persentase kebutuhan air yang terpenuhi hanya mencapai 47% dalam setahun. Oleh karena itu, diperlukan optimasi irigasi agar dapat memenuhi kebutuhan air irigasi yang ada serta menghasilkan keuntungan produksi pertanian yang maksimal.

4.4. Volume Air irigasi



Tujuan analisis volume air irigasi adalah menentukan luas lahan yang dapat diairi dengan air irigasi yang tersedia. Volume air irigasi ditentukan berdasarkan jumlah air yang dibutuhkan, yang dihitung berdasarkan pola tanam dan volume air yang ada di Daerah Irigasi Ngudikan Kanan.

4.5. Luas Lahan yang Dapat Ditanami

Luas lahan yang dapat diairi didapatkan dari perbandingan volume air yang tersedia dan volume air irigasi yang dibutuhkan. Pada studi ini, perhitungan volume air tersedia didasarkan pada unit volume air yang tersedia pada masing-masing musim tanamnya sesuai pada Tabel 4.17. Sedangkan, kebutuhan air irigasi didasarkan pada jumlah kebutuhan air irigasi dalam satu musim tanam pada masing-masing musim tanam sesuai pada Tabel 4.20. Berikut merupakan contoh perhitungan luas lahan yang dapat ditanami pada Bangunan B.NA.1 pada Musim Tanam I.

Diketahui:

$$\begin{aligned}\text{Volume air Tersedia} &= 1.000.000 \text{ m}^3 \\ \text{Volume air yang dibutuhkan} &= 6.574,857 \text{ m}^3/\text{ha} \\ \text{Luas lahan yang dapat ditanami} &= \frac{1.000.000}{13593,570} \\ &= 73,564 \text{ ha}\end{aligned}$$

Apabila luas lahan yang dapat ditanami belum mencapai luas lahan potensial, maka dapat diberikan unit volume air selanjutnya hingga mencapai maksimum.

4.6. Analisa Usaha Tani

Analisa usaha tani meliputi biaya yang dibutuhkan oleh petani serta hasil produksi yang didapatkan oleh petani pada setiap jenis tanaman yang digunakan. Keuntungan atau manfaat penyediaan air untuk irigasi pada masing-masing bangunan didapatkan dari penjualan produk yang dihasilkan dikurangi dengan biaya yang dibutuhkan untuk menghasilkan produk tersebut.

4.7. Keuntungan Irigasi

Keuntungan irigasi dihitung berdasarkan keuntungan maksimum petani per hektar dengan luas lahan maksimum yang dapat diairi. Berikut ini adalah contoh perhitungan keuntungan tanaman per hektar pada MT 1.

$$\begin{aligned}\text{Keuntungan Per hektar MT I} &= (\% \text{ padi} \times \text{Keuntungan padi}) \\ &\quad + (\% \text{ bawang} \times \text{keuntungan bawang}) \\ &\quad + (\% \text{ tebu} \times \text{keuntungan Tebu}) \\ &= (76\% \times 17.007.500) \\ &\quad + (23\% \times 80.297.500) \\ &\quad + (1\% \times 29.655.000) \\ &= \text{Rp.31.451.540,68}\end{aligned}$$

4.8. Optimasi Program Dinamik Deterministik

Optimasi Program Dinamik Deterministik dilakukan dengan menggunakan analisis berdasarkan kebutuhan air irigasi yang mengacu pada pola tanam RTTG periode 2025. Dalam kajian ini dibuat asumsi-asumsi sebagai berikut.

1. Jika alokasi air melebihi kebutuhan air irigasi, tambahan air akan terbuang sia-sia dan dialihkan ke daerah irigasi berikutnya
2. Jika alokasi air kurang dari yang dibutuhkan, maka hanya air yang dialokasikan saja yang akan digunakan dan memberikan manfaat.

Dalam kajian ini, model program dinamik deterministik ditentukan oleh beberapa hal sebagai berikut.

1. Ada empat tahapan/stages yang ditentukan, antara lain Bangunan B.NA.1, Bangunan B.NA.2, Bangunan B.NA.3, dan Bangunan B.KA.1.
2. Variabel keputusan yaitu alokasi x untuk setiap saluran.

Karena ketersediaan air irigasi yang digunakan adalah debit andalan Q80 yang sifatnya tidak acak atau stokastik maka digunakan metode program dinamik deterministik. Dimana hal ini tidak memerlukan perhitungan probabilitas selisih antara debit tersedia dengan debit yang dibutuhkan pada setiap bangunan. Penyelesaian program dinamik ini dilakukan dari tahap awal sampai tahap akhir (forward recursive) dilanjutkan dengan melakukan control check dengan menghitung optimasi dari tahap akhir kembali ke tahap awal (back tracking).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dan analisis yang telah dipaparkan pada bab sebelumnya, maka diperoleh simpulan sebagai berikut yang menjawab pertanyaan penelitian.

1. Ketersediaan dan kebutuhan air pada kondisi eksisting di Daerah Irigasi Ngudikan Kanan menunjukkan bahwa ketersediaan air dari bendung Ngudikan tidak selalu mencukupi kebutuhan irigasi di setiap musim tanam. Terdapat kekurangan air di semua periode tanam, sehingga diperlukan strategi alokasi air yang efisien. Selain itu, terjadi kelangkaan air dengan persentase kebutuhan air yang terpenuhi hanya mencapai 47% dalam setahun.
2. Dengan optimasi yang dilakukan, didapatkan jalur pemberian air yang optimal pada setiap musim tanamnya berdasarkan keuntungan maksimum pada setiap tahapnya sesuai variabel keputusan pada setiap tahap pula. Pada musim tanam I didapatkan jalur optimal yaitu 9-6-5-1 dengan keuntungan maksimum sebesar Rp.20.823.365.107,34. Pada Musim Tanam II didapatkan jalur optimal yaitu 10-9-7-1 dengan keuntungan maksimum sebesar Rp.15.215.667.188,68. Pada Musim Tanam III didapatkan jalur optimal yaitu 6-3-2-1 dengan keuntungan maksimum sebesar Rp.20.428.649.388,25.
3. Berdasarkan perhitungan, didapatkan pola sebaran air yang dapat diberikan pada masing masing bangunan untuk mengairi luas lahan yang ditanami. Pola sebaran air tersebut dapat memudahkan dalam



- mengatur sistem pembagian air pada masing-masing bangunan yang dikaji pada daerah irigasi tersebut. Pada Daerah Irigasi Ngudikan Kanan, penentuan bangunan-bangunan yang dikaji sebagai tahap didasarkan pada bangunan bagi maupun bagi sadap yang dapat mewakili daerah irigasi untuk mengairi lahan pertanian. Dalam studi ini bangunan yang dikaji sebagai tahap adalah bangunan B.NA.1, bangunan B.NA.2, Bangunan B.NA.3 dan Bangunan B.KA.1. Pola sebaran air yang dapat dialirkan pada Musim Tanam I yaitu pada B.NA.1 sebesar 0,386 m³/dt, B.NA.2 sebesar 0,129 m³/dt, B.NA.3 sebesar 0,514 m³/dt, dan B.KA.1 sebesar 0,129 m³/dt. Pada Musim Tanam II yaitu pada B.NA.1 sebesar 0,129 m³/dt, B.NA.2 sebesar 0,257 m³/dt, B.NA.3 sebesar 0,772 m³/dt, dan B.KA.1 sebesar 0,129 m³/dt. Pada Musim Tanam III yaitu pada B.NA.1 sebesar 0,386 m³/dt, B.NA.2 sebesar 0,129 m³/dt, B.NA.3 sebesar 0,129 m³/dt, dan B.KA.1 sebesar 0,129 m³/dt.
4. Berdasarkan perhitungan, luas lahan optimal yang dapat dimanfaatkan untuk pertanian pada Daerah Irigasi Ngudikan Kanan meningkat sebesar 90,421 ha. Pada Musim Tanam I luas lahan yang dapat diairi sebesar 662,078 ha meningkat 5% dari sebelumnya 592,128 ha. Pada Musim Tanam II sebesar 431,839 ha meningkat 2% dari sebelumnya 411,368 ha. Pada Musim Tanam III tetap sebesar 279,278 ha, namun sebaran airnya lebih merata dibandingkan dengan sebelum dilakukan optimasi. Hal ini menunjukkan optimasi yang dilakukan dengan program dinamik deterministik dapat meningkatkan luas lahan yang dapat ditanami pada Daerah Irigasi Ngudikan Kanan.
 5. Keuntungan total yang dapat diperoleh berdasarkan pemberian air pada setiap bangunan atau tahapnya setelah dilakukan optimasi dengan metode dinamik deterministik adalah sebesar Rp.56.467.681.684,27. Hal ini meningkat sebesar 5% dibandingkan keuntungan sebelum optimasi yaitu sebesar Rp.53.546.370.437,40. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa optimasi yang dilakukan dengan program dinamik deterministik dapat meningkatkan keuntungan yang dapat diperoleh oleh petani dengan selisih keuntungan sebelum dan sesudah optimasi sebesar Rp.2.921.311.246,87.
- #### DAFTAR PUSTAKA
- Aferta, F. M., Agus, F., Adriati, Y., & Harmiyati. (2023). Evaluasi Neraca Air Pada Irigasi Kuok II. *Jurnal Saintis*, 23(1). [https://doi.org/10.25299/saintis.2023.vol23\(01\).25231](https://doi.org/10.25299/saintis.2023.vol23(01).25231)
- Aprilia, H. D., Sayekti, R. W., & Wahyuni, S. (2022). Studi Optimasi Alokasi Air Irigasi Pada Daerah Irigasi Sarangan Kabupaten Madiun Dengan Program Dinamik. *Teras Jurnal : Jurnal Teknik Sipil*, 12(2), 493–506. <https://doi.org/10.29103/tj.v12i2.789>
- Ardiansyah. (t.t.). Perhitungan Kebutuhan Air Tanaman (Evapotranspirasi).
- Balqis, E. I., Mart Yupi, H., & Suyanto, H. (2022). Analisis Kebutuhan Air Irigasi Pada Daerah Irigasi di Kecamatan Dusun Tengah Kabupaten Barito Timur. *TRANSUKMA*, 4(2). <https://transukma.uniba-bpn.ac.id/index.php/transukma/article/download/102/76>
- Damayanti, I., & Santosa, B. (2022). Analisis Optimasi Pola Tata Tanam Jaringan Irigasi Daerah Irigasi Cidurian Tangerang Menggunakan Program Linier. *Teras Jurnal : Jurnal Teknik Sipil*, 12(1), 281–294. <https://doi.org/10.29103/tj.v12i1.642>
- Faisol, A., Putra Mahu, J., & Ollin Paga, B. (2011). Komparasi Metode Rata-rata Aritmatika, Isohyet, Dan Poligon Thiessen Dalam Menganalisis Curah Hujan Wilayah. Dalam *World Meteorological Organization*. Dirjen Sumber Daya Air. <https://tpa.fateta.unand.ac.id/index.php/JTPA/article/view/1048/327>
- Hadie, M. S. N., & Hanifa, A. H. (2024). Kebutuhan Air Irigasi Menggunakan Dua Metode Klasik dan Aplikasi Cropwat 8.0 Di D.I Kuranji. *Jurnal Bangunan, Konstruksi & Desain*, 2(4), 273–283. <https://doi.org/10.25077/jbkd.2.4.273-283.2024>
- Irsam, R. M., Donny Harisuseno, & M. Amar Sajali. (2025). Studi Penerapan Metode Rainfall Anomaly Index (RAI) dalam Analisa Kekeringan di Sub Das Widas, Kabupaten Nganjuk. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 5(1), 473–483. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2025.005.01.045>
- Kusuma, O. P. U. (2019). Evaluasi Indeks Kinerja Jaringan Irigasi Mlilir Kabupaten Nganjuk. *TECNOSCENZA*, 3. <https://ejournal.kahuripan.ac.id/index.php/TECNOSCENZA/article/view/241/890>
- Nugroho, N. D. (2023, Desember). Bersiasat Bangkit dari Dampak El Nino (S. N. Loppies, Penerj.). *Tempo.co*. https://interaktif.tempo.co/el_nino/panen-dini-bawang-merah-akibat-el-nino
- Palupi, K. P. P., Lily Montarchi Limantara, & Sri Wahyuni. (2023). Studi Optimasi Alokasi Air Irigasi pada Daerah Irigasi Sewu Kabupaten Madiun Menggunakan Program Dinamik. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 4(1), 312–322. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2024.004.01.026>
- Prabowo, N. J., & Kustini, I. (2014). Evaluasi Pola Tanam di Daerah Irigasi Ngudikan Kiri terhadap Kecukupan Air untuk Pertanian di Kecamatan Bagor dan Rejoso Kabupaten Nganjuk. *E-Journal UNESA*, 1(1). <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/rekayasa-teknik-sipil/article/download/7756/8107/10486>
- Prasetyo, A. N., Tri Budi Prayogo, & Sri Wahyuni. (2024). Analisis Efisiensi Saluran Irigasi Pada Kejuron Kepanjen, Daerah Irigasi Molek, Kabupaten Malang. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 4(02), 1438–1449. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2024.004.02.120>
- Pratama, F. I., Limantara, L. M., & Sholichin, M. (2026). Studi Optimasi Alokasi Air Irigasi Menggunakan



- Program Dinamik Pada Daerah Irigasi Cau Kabupaten Madiun. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 6(1), 110–120.
<https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2026.6.1.11>
- Rahayu, D. W., Wirosodarmo, R., & Suharto, B. (2015). Optimasi Pola Tanam Di Daerah Irigasi Senggowar Dan Widas. Dalam *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem* (Vol. 3, Nomor 3).
<https://jkptb.ub.ac.id/index.php/jkptb/article/view/328/262>
- Rakasani, A. D. (2017). Kajian Kebutuhan dan Ketersediaan Air Irigasi Pada Daerah Irigasi Waduk Sermo (Studi Kasus: Waduk Sermo). Dalam Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Rizki, A., Dewi, S., & Zuheldi. (2025). Analisis Kinerja Saluran Irigasi Tersier Pada Daerah Irigasi Jorong Kambing VII Kecamatan Tilatang Kamang Kabupaten Agam Provinsi Sumatera Barat. *Rangkiang Jurnal*, 1(2), 237–243.
<https://rangkiangjurnal.com>
- Soemarto, C. D. (1986). *Hidrologi Teknik Edisi 1*. Penerbit Usaha Nasional.
- Suhardjono. (1994). *Kebutuhan Air Tanaman*. ITN Malang Press.
- Sulistiyani, F. K., & Irianto, D. B. (2021). Optimasi Pola Tata Tanam untuk Peningkatan Luas Layanan pada Daerah Irigasi Saddang. *Reka Buana*, 6(1), 12–22.
<https://doi.org/10.33366/rekabua>
- Suswanti, D., Maskur, A., & Defiana, Y. (2025). Analisis Angka Kebutuhan Nyata Operasi dan Pemeliharaan (AKNOP) Jaringan Irigasi Daerah Irigasi Manganti. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 2(1).
<https://ojs.unigal.ac.id/index.php/jiteks/article/download/5124/3117/17415>
- Tirta Babba, E., Montarich Limantara, L., & Soetopo, W. (2021). Analisa Optimasi Irigasi Pada Daerah Irigasi Alopohu Kabupaten Gorontalo Dengan Program Dinamik Deterministik. *Jurnal Teknik Pengairan*, 12(2), 186–196.
<https://doi.org/10.21776/ub.pengairan.2021.012.02.10>
- Utami, D. N., & Soewandita, H. (2020). Kajian Kesuburantanah untuk Evaluasi Kesesuaian Lahan Kaitannya untuk Mitigasi Bencana Kekeringan di Kabupaten Nganjuk. 4(2), 81–95.