

WATER FOOTPRINT DI SEMARANG: STUDI PADA TANAMAN JAGUNG, KEDELAI, DAN KACANG TANAH

Hillaryana Epriscamayeni Bandur^{1*}, Cindy Louisa¹, Bella Koes Paulina Cantik¹, Shofwatul Fadilah², dan Elenora Gita Alamanda Sapan³

¹Program Studi Teknik Sipil, Pradita University, Scientia Business Park Jl. Gading Serpong Boulevard No.1 Curug Sangereng, Kab. Tangerang, Indonesia

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Jl. Kaliurang Km. 14,5, Sleman, Yogyakarta, Indonesia

³Pusat Riset Limnologi dan Sumber Daya Air, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Jl. Raya Puspiptek 60, Setu, Tangerang Selatan, Indonesia

*hillaryana.epriscamayeni@student.pradita.ac.id

Masuk: 21-07-2025, revisi: 26-09-2025, diterima untuk diterbitkan: 16-10-2025

ABSTRACT

The water footprint value represents the estimated water requirement for a given commodity. Pulses are among the crops that necessitate consideration of water footprint values due to their significance as staple foods and their potential to diversify commodities, such as maize, soybeans, and peanuts. Given the essentiality of optimizing water use in agriculture sector, Semarang Regency is one of areas in Java with substantial potential for producing maize, soybeans, and peanuts. Therefore, this study aims to evaluate water footprint values to assess the efficiency of water use in the cultivation of these crops. The research methodology employed sensitivity analysis to directly identify variables influencing the water footprint values. The data utilized encompassed the study area, climatic conditions, crop types, fertilization applications, and soil types specific to the regions under review. Analysis results indicated the highest water footprint value in peanuts at 2863.35 m³/ton, followed by soybeans at 1927.91 m³/ton, and the lowest in maize at 921.67 m³/ton. Additionally, 2018 recorded the highest average water footprint value, suggesting possible external factors affecting water use efficiency in crop production that year. Furthermore, internal factors such as crop type and soil conditions influenced the variability in these water footprint values.

Keywords: water footprint; maize; soybeans; groundnuts

ABSTRAK

Nilai jejak air mewakili perkiraan kebutuhan air untuk komoditas tertentu. Kacang-kacangan merupakan salah satu tanaman yang memerlukan pertimbangan nilai jejak air karena pentingnya sebagai makanan pokok dan potensinya untuk mendiversifikasi komoditas, seperti jagung, kedelai, dan kacang tanah. Mengingat pentingnya mengoptimalkan penggunaan air di sektor pertanian, Kabupaten Semarang merupakan salah satu daerah di Jawa yang memiliki potensi besar untuk memproduksi jagung, kedelai, dan kacang tanah. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi nilai *water footprint* untuk menilai efisiensi penggunaan air dalam budidaya tanaman tersebut. Metodologi penelitian menggunakan analisis sensitivitas untuk mengidentifikasi secara langsung variabel-variabel yang mempengaruhi nilai jejak air. Data yang digunakan meliputi wilayah studi, kondisi iklim, jenis tanaman, aplikasi pemupukan, dan jenis tanah yang spesifik untuk wilayah yang ditinjau. Hasil analisis menunjukkan nilai jejak air tertinggi pada kacang tanah sebesar 2863,35 m³/ton, diikuti oleh kedelai sebesar 1927,91 m³/ton, dan terendah pada jagung sebesar 921,67 m³/ton. Selain itu, tahun 2018 mencatat nilai rata-rata jejak air tertinggi, yang menunjukkan kemungkinan adanya faktor eksternal yang mempengaruhi efisiensi penggunaan air dalam produksi tanaman pada tahun tersebut. Selain itu, faktor internal seperti jenis tanaman dan kondisi tanah juga mempengaruhi variabilitas nilai jejak air ini.

Kata kunci: jejak air; jagung; kedelai; kacang tanah

1. PENDAHULUAN

Tanaman pangan jenis kacang-kacangan merupakan komoditas pangan selain padi yang memiliki peran penting bagi Indonesia sebagai bahan pangan pokok. Hal ini disebabkan oleh kemampuannya dalam menyediakan nutrisi yang memadai serta menawarkan variasi sumber pangan yang mendukung ketahanan pangan nasional. Tanaman jenis ini juga menunjukkan ketahanan terhadap kondisi iklim ekstrem, sehingga memungkinkan untuk dibudidayakan meskipun dalam kondisi kekurangan air (Setyabudi & Mustafidah, 2020). Beberapa komoditas kacang-kacangan yang memiliki potensi besar dalam mendukung ketahanan pangan antara lain adalah jagung, kedelai, dan kacang tanah.

Komoditas tersebut turut menyumbang angka ekspor nasional yang cukup besar (Kementerian Pertanian, 2016; Kurniyati et al., 2020).

Jagung, kedelai, dan kacang tanah juga memiliki potensi yang signifikan dalam sektor pertanian di Provinsi Jawa Tengah, yang merupakan salah satu provinsi penyumbang utama produksi komoditas kacang-kacangan secara nasional (Safitri et al., 2012). Di Jawa Tengah, produksi jagung mencapai 11,36% dari total nasional dengan peningkatan produktivitas sebesar 2,49% per tahun, menjadikan provinsi ini sebagai wilayah penghasil jagung terbesar kedua secara nasional (BPS Jawa Tengah, 2019). Kedelai menempati urutan kedua secara nasional dengan kontribusi produksi sebesar 15,44%, atau rata-rata sebesar 106.089 ton per tahun (Harsono, 2011). Sementara itu, kacang tanah di Jawa Tengah menyumbang 17,91% dari total luas panen nasional, dengan luas sekitar 81.395 hektar (BPS Jawa Tengah, 2016).

Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa Provinsi Jawa Tengah memegang peran strategis dalam pemenuhan kebutuhan pangan nasional (Simanjuntak et al., 2025). Oleh karena itu, pemerintah Provinsi Jawa Tengah terus mendorong pengembangan wilayah-wilayah potensial di dalamnya. Salah satu wilayah yang memiliki peran signifikan dalam budidaya tanaman kacang-kacangan, khususnya jagung, kedelai, dan kacang tanah, adalah Kabupaten Semarang. Kabupaten ini memiliki sekitar 74,27% lahan kering yang sesuai untuk penanaman komoditas kacang-kacangan (Hapsari, 2007).

Meskipun tanaman kacang-kacangan dikenal tahan terhadap kondisi cuaca ekstrem, ketersediaan air yang memadai tetap menjadi faktor krusial dalam budidaya skala besar, sementara pada saat yang sama pengelolaan sumber daya air menghadapi beragam permasalahan yang semakin kompleks sehingga menjadi tantangan besar bagi manusia dalam menjaga kelestarian dan keberlanjutan ketersediaannya (Cantik et al., 2025). Penanaman pada musim kemarau atau saat ketersediaan air terbatas dapat meningkatkan risiko gagal panen (Hermantoro & Pusposutarjo, 2000). Pada tanaman kedelai, defisit air menekan laju evapotranspirasi, menghambat pembelahan dan pembesaran sel, serta memperlambat pertumbuhan yang pada akhirnya berujung pada penurunan hasil produksi (Aziez et al., 2021; Salsabila et al., 2024). Sementara itu, pada tanaman jagung, kekeringan memicu penutupan stomata yang membatasi penyerapan CO₂, menurunkan aktivitas metabolisme, dan mengganggu distribusi air serta nutrisi ke seluruh jaringan tanaman (Asbur et al., 2025; Gulo & Nurhayati, 2022; Haghpanah et al., 2024; Mirzaei et al., 2023; Saktiyono et al., 2022). Adapun pada kacang tanah, kekeringan pada fase kritis R1–R7 dapat mengurangi jumlah bunga, menghambat pembentukan serta perkembangan polong, bahkan berpotensi menurunkan hasil panen hingga 70–80% (Pratiwi, 2011; Wisnubroto et al., 2024).

Hal ini didukung oleh kondisi geografis Kabupaten Semarang menunjukkan bahwa wilayah ini rentan terhadap kekeringan. Kabupaten Semarang kerap mengalami penurunan curah hujan selama musim kemarau dan bencana kekeringan akibat fenomena El-Nino. Hal ini diteliti dengan menganalisis derajat keparahan kekeringan selama 6 bulan terakhir di tahun 2023 di Pulau Jawa, temuan tersebut mengindikasikan bahwa intensitas kekeringan yang dipengaruhi oleh fenomena El Niño mampu menimbulkan dampak yang signifikan terhadap terjadinya kekeringan pada Kabupaten Semarang (Sanjaya et al., 2024). Kabupaten Semarang Berdasarkan peta kerentanan bencana kekeringan, beberapa wilayah di Kabupaten Semarang tergolong rawan mengalami kekeringan (Alwi et al., 2022; BPBD Kabupaten Semarang, 2019). Dengan mempertimbangkan kebutuhan air untuk tanaman jagung, kedelai, dan kacang tanah, maka kekeringan menjadi perhatian serius.

Maka dari itu, ketersediaan air yang cukup menjadi faktor penting dalam menunjang keberhasilan budidaya ketiga jenis tanaman tersebut. Air dibutuhkan terutama pada fase-fase krusial seperti perkecambahan, pembentukan polong, pengangkutan unsur hara dalam tanah, dan pembentukan tongkol (P2DPT, 2024; Pratiwi, 2011; Syahbuddi & Las, 2002). Kekurangan air pada fase tersebut dapat mengakibatkan penurunan kualitas maupun kuantitas hasil panen secara signifikan. Penanaman yang dilakukan pada musim kemarau atau ketika pasokan air terbatas berisiko tinggi menyebabkan gagal panen. Oleh sebab itu, penerapan strategi pengelolaan air yang tepat menjadi langkah kunci untuk meminimalkan dampak kekeringan terhadap produktivitas tanaman dengan menerapkan konsep konservasi air yang mampu menjamin ketersediaan dan kualitas air (Cantik et al., 2024).

Konsep jejak air (*water footprint*) menjadi semakin penting dalam upaya menilai dan mengelola kebutuhan air untuk tanaman pertanian secara efektif dan berkelanjutan. Penilaian ini sangat krusial mengingat sektor pertanian merupakan salah satu pengguna air terbesar, terutama di wilayah-wilayah yang rentan terhadap kekeringan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menghitung nilai jejak air untuk tanaman jagung, kedelai, dan kacang tanah di Kabupaten Semarang, yang dikenal memiliki wilayah-wilayah rawan kekeringan.

Konsep jejak air dalam studi ini mengacu pada tiga jenis sumber air, yaitu air biru (*blue water*) yang berasal dari irigasi permukaan dan air tanah, air hijau (*green water*) yang berasal dari air hujan yang tersimpan dalam tanah, serta air abu-abu (*gray water*) yang merupakan volume air yang dibutuhkan untuk mengencerkan limbah pertanian seperti residu pupuk (Harefa et al., 2022; Hoekstra et al., 2011). Ketiga komponen ini secara bersama-sama membentuk total nilai jejak air dari masing-masing komoditas yang diteliti, dan mencerminkan beban air yang digunakan selama

seluruh proses produksi tanaman. Dalam menghasilkan estimasi yang akurat, studi ini memperhitungkan berbagai faktor penting yang memengaruhi kebutuhan air tanaman, antara lain lokasi penelitian, karakteristik iklim lokal, jenis tanaman yang dibudidayakan, praktik pemupukan yang diterapkan, serta jenis dan kondisi tanah di wilayah kajian.

Mempertimbangkan berbagai faktor tersebut memungkinkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai sejauh mana data produksi, produktivitas, dan luas lahan dari setiap komoditas di suatu wilayah berkontribusi terhadap estimasi nilai jejak air. Ketiga variabel tersebut memiliki peranan penting dalam menentukan besarnya kebutuhan air yang diperlukan dalam proses budidaya tanaman. Untuk mengetahui pengaruh masing-masing variabel secara lebih terukur, hubungan antara data-data tersebut dan nilai jejak air dianalisis menggunakan metode analisis sensitivitas. Metode ini mampu mengidentifikasi variabel mana yang paling dominan memengaruhi fluktuasi nilai jejak air, sehingga dapat menjadi acuan dalam pengambilan keputusan terkait pengelolaan air.

Penerapan konsep jejak air dalam konteks ini bertujuan untuk mengantisipasi dan memitigasi risiko kekurangan air yang dapat berdampak pada sektor pertanian, terutama di wilayah rawan kekeringan. Dengan mengetahui kebutuhan air dari masing-masing komoditas secara spesifik, langkah-langkah pencegahan terhadap potensi gagal panen dapat dirancang dengan lebih efektif. Selain itu, pendekatan ini juga mendukung perencanaan pengelolaan sumber daya air secara berkelanjutan untuk menjamin ketahanan pangan dan keberlangsungan sistem pertanian di masa depan.

Evapotranspirasi (ET_0)

Perhitungan evapotranspirasi untuk menentukan rata-rata suhu bulanan di wilayah yang diamati dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung variabel-variabel terkait serta indeks panas tahunan. Berdasarkan data suhu rata-rata yang diperoleh, nilai suhu untuk setiap bulan dihitung menggunakan rumus berikut guna menentukan nilai variabel selanjutnya (Triatmodjo, 2008):

$$ET_{bulan} = 1,62 \times \left(\frac{10T_m}{I} \right)^a \quad (1)$$

$$a = 675 \times 10^{-9} I^3 - 771 \times 10^{-7} I^2 + 179 \times 10^{-4} I + 492 \times 10^{-3} \quad (2)$$

$$I = \sum_{m=1}^{12} \left(\frac{T_m}{5} \right) 1,514 \quad (3)$$

dengan I = indeks panas tahunan, dan T_m = suhu rata-rata bulanan ($^{\circ}\text{C}$).

Hujan Efektif (Pe)

Perhitungan data hujan efektif untuk wilayah yang diamati dilakukan dengan menggunakan data curah hujan yang telah diperoleh. Perhitungan ini dilakukan menggunakan rumus berikut :

$$Pe = P \times \frac{P(125 - 0,2P)}{125} \quad (4)$$

dengan Pe = hujan efektif (mm), dan P = curah hujan bulanan (mm).

Evapotranspirasi Tanaman (ET_c)

Setelah memperoleh nilai awal evapotranspirasi dan koefisien tanaman melalui interpolasi, evapotranspirasi tanaman dapat dihitung menggunakan rumus berikut (Farg et al., 2012):

$$ET_c = ET_0 \times K_c \quad (5)$$

dengan K_c = Koefisien Tanaman, dan ET_0 = Evapotranspirasi awal (mm/hari).

WF Biru

Perhitungan jejak air biru melibatkan penentuan volume air permukaan dan air tanah yang digunakan dalam produksi barang dan jasa. Setelah memperoleh nilai awal evapotranspirasi dan koefisien tanaman (K_c) melalui interpolasi, evapotranspirasi tanaman dapat dihitung menggunakan rumus berikut (Farg et al., 2012):

$$ET_{biru} = \max(0, ET_c - P_{eff}) \quad (6)$$

$$CWU_{biru} = 10 \times \sum ET_{biru} \quad (7)$$

$$WF_{prod,biru} = \frac{CWU_{biru}}{Y} \quad (8)$$

dengan Pe_{ff} = hujan efektif (mm), ET = Evapotranspirasi (mm/hari), CWU = kebutuhan air tanaman (*crop water use*), WF = Jejak Air (*water footprint*) (m³/ton), dan Y = nilai produksi tanaman (ton/ha).

WF Hijau

Perhitungan jejak air hijau melibatkan air yang berasal dari curah hujan yang diserap oleh tanah dan kemudian dimanfaatkan oleh tanaman selama masa pertumbuhannya. Untuk memperoleh nilai jejak air hijau, langkah pertama adalah menghitung Evapotranspirasi Hijau (ET_{hijau}) dan Penggunaan Air Tanaman Hijau (CWU_{hijau}) dengan menggunakan rumus berikut (Hoekstra et al., 2011):

$$ET_{hijau} = \min(0, ET_c, Pe_{ff}) \quad (9)$$

$$CWU_{hijau} = 10 \times \sum ET_{hijau} \quad (10)$$

$$WF_{prod,hijau} = \frac{CWU_{hijau}}{Y} \quad (11)$$

dengan Pe_{ff} = hujan efektif (mm), ET = Evapotranspirasi (mm/hari), CWU = kebutuhan air tanaman (*crop water use*), WF = Jejak Air (*water footprint*) (m³/ton), dan Y = nilai produksi tanaman (ton/ha).

WF Abu-abu

Perhitungan jejak air hijau mencakup penentuan jumlah air yang berasal dari curah hujan dan digunakan oleh tanaman, sedangkan jejak air abu-abu berkaitan dengan jumlah air yang dibutuhkan untuk mengencerkan polutan agar memenuhi standar kualitas air yang telah ditetapkan. Hitunglah jejak air abu-abu dengan menggunakan variabel yang diketahui serta rumus berikut (Hoekstra et al., 2011):

$$WF_{proc, abu-abu} = \frac{L}{(C_{maks} - C_{nat})} \quad (12)$$

dengan L = jumlah polutan atau pupuk yang terdapat dalam sistem perairan, C_{maks} = batas maksimum kandungan polutan yang diizinkan, C_{nat} = jumlah polutan yang secara alami terdapat dalam air, dan WF = Jejak Air (*water footprint*) (m³/ton).

WF Produksi

Rumus yang digunakan untuk menentukan nilai jejak air (*water footprint*) merupakan akumulasi dari produksi komoditas di sektor pertanian untuk setiap jenis air yang dihitung, dengan rumus sebagai berikut (Hoekstra et al., 2011):

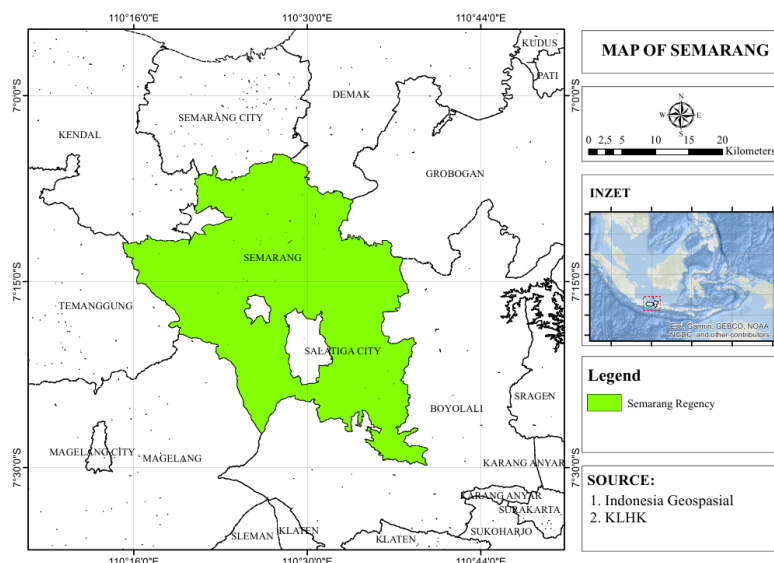
$$WF_{Prod} = WF_{prod, biru} + WF_{prod, hijau} + WF_{prod, abu-abu} \quad (13)$$

2. METODE PENELITIAN

Metodologi merujuk pada urutan atau langkah-langkah dalam suatu proses ilmiah yang dilakukan secara sistematis dan terstruktur, dimulai dari pemilihan topik, perumusan masalah, penentuan tujuan penelitian, pengumpulan data, hingga tahap analisis dan interpretasi data. Seluruh tahapan ini dirancang untuk menghasilkan pemahaman yang mendalam, objektif, dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah terhadap suatu topik atau permasalahan yang dikaji.

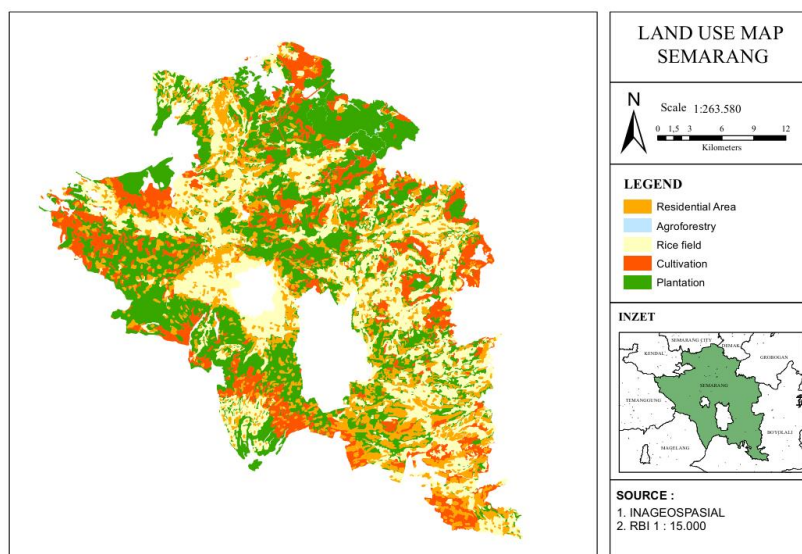
Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa Tengah, Indonesia. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Peta penggunaan lahan disertakan untuk mempermudah pemahaman mengenai distribusi dan pemanfaatan lahan pertanian di Kabupaten Semarang. Peta ini memberikan gambaran yang jelas mengenai area yang digunakan untuk berbagai jenis tanaman, seperti kacang tanah, kedelai, dan jagung, serta menunjukkan bagaimana lahan tersebut dikelola dan dialokasikan untuk kegiatan pertanian. Peta penggunaan lahan ditampilkan pada Gambar 2 di bawah ini, yang menyajikan visualisasi rinci mengenai beragam penggunaan lahan di seluruh wilayah tersebut.



Gambar 2. Pengelolaan penggunaan lahan

Metodologi Penelitian

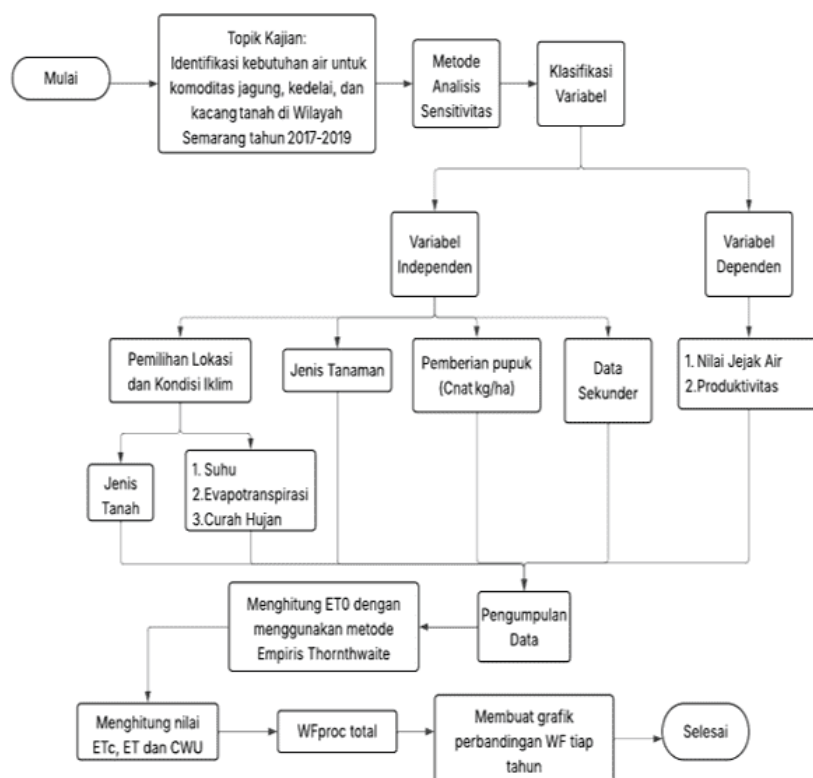
Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data sekunder yang diperoleh dari BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika) serta BPS (Badan Pusat Statistik). Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Data produksi tanaman pangan wilayah (ton) tahun 2017–2019
2. Data produktivitas tanaman pangan (ton/ha) tahun 2017–2019.
3. Data iklim kabupaten tahun 2017–2019 dari stasiun klimatologi setempat.
4. Data spasial (topografi dan peta wilayah).
5. Data teknis budidaya pertanian, termasuk luas panen (ha) dan koefisien tanaman.

Seluruh data tersebut disesuaikan dengan jenis tanaman yang dikaji, yaitu jagung, kedelai, dan kacang tanah. Data-data di atas kemudian dihitung dan dianalisis menggunakan perangkat lunak seperti Cropwat 8.0. Untuk visualisasi yang lebih rinci mengenai metodologi penelitian, dapat merujuk pada Gambar 2 yang menggambarkan tahapan berurutan dalam penelitian ini, mulai dari pengumpulan data hingga analisis dan interpretasi.

Metodologi penelitian ini mencakup berbagai tahapan, mulai dari pengumpulan data sekunder, pengolahan data dengan perangkat lunak tertentu, hingga analisis hasil yang diperoleh. Penggunaan data dari BMKG dan BPS memberikan dasar yang kuat untuk analisis yang akurat dan menyeluruh. Selain itu, data iklim dari stasiun lokal serta data spasial turut membantu dalam memahami kondisi geografis dan klimatologis yang mempengaruhi produktivitas tanaman di wilayah tersebut. Dalam konteks budidaya pertanian, data teknis seperti luas panen dan koefisien tanaman sangat penting untuk mengukur efisiensi dan produktivitas.

Setelah data yang dibutuhkan diperoleh, maka dibuatlah bagan alir proses penelitian. Bagan alir ini berfungsi untuk memvisualisasikan tahapan penelitian secara sistematis dan terstruktur. Bagan tersebut disajikan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

Analisa Sensitivitas

Analisis sensitivitas merupakan metode yang digunakan untuk mengkaji dampak perubahan kondisi yang ada (Gittinger, 1986). Tujuan utama dari penggunaan metode ini adalah untuk memahami faktor-faktor yang mempengaruhi hasil dari suatu sistem atau proyek. Untuk mempermudah pemahaman, faktor-faktor terkait dapat dikelompokkan ke dalam beberapa variabel kunci.

Pengelompokan faktor-faktor tersebut ke dalam variabel kunci tidak hanya menyederhanakan proses evaluasi, tetapi juga membantu dalam memahami dampaknya terhadap hasil akhir. Variabel-variabel ini umumnya diklasifikasikan ke dalam dua kategori utama, yaitu variabel *input* dan *output*, atau variabel yang mempengaruhi dan yang dipengaruhi. Analisis sensitivitas bertujuan untuk mengidentifikasi variabel-variabel yang memiliki pengaruh paling besar terhadap hasil akhir. Data yang digunakan dalam analisis ini sangat mempengaruhi nilai output, bahkan dengan perubahan kecil sekalipun (Widaningsih, 2017).

Proses analisis sensitivitas sangat penting dalam memahami ketidakpastian yang melingkupi faktor-faktor yang mempengaruhi hasil pertanian. Oleh karena itu, analisis ini mendukung pengambilan keputusan yang lebih akurat. Melalui analisis sensitivitas, dapat diidentifikasi beberapa aspek penting, seperti penentuan variabel kunci yang membentuk hasil dan pemahaman terhadap ketidakpastian yang terkait dengan variabel-variabel tersebut. Selain itu,

analisis sensitivitas membantu dalam penyempurnaan hasil agar sejalan dengan tujuan yang telah ditetapkan. Dengan memahami variabel yang paling berpengaruh, analisis ini berperan dalam pengelolaan dan penyesuaian strategi guna mencapai hasil yang optimal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan perhitungan dalam penelitian ini, nilai jejak air diproses menggunakan analisis sensitivitas. Pendekatan ini dipilih karena nilai produksi, produktivitas, dan luas lahan secara signifikan mempengaruhi besarnya jejak air. Pemilihan lokasi menjadi langkah awal yang sangat penting karena memungkinkan pemahaman terhadap kondisi tanah, jenis tanaman yang dapat dibudidayakan, serta pola curah hujan di wilayah tersebut. Setelah data terkumpul secara lengkap, berbagai variabel dapat diolah menggunakan perangkat lunak CROPWAT 8.0. Berikut ini merupakan beberapa variabel yang dihitung untuk menentukan nilai jejak air pada tanaman jagung, kedelai, dan kacang tanah di wilayah Kabupaten Semarang.

Perhitungan ET dan CWU untuk Setiap Jenis Air

Nilai ET (Evapotranspirasi) dan CWU (*Crop Water Use*) untuk setiap jenis tanaman dan setiap tahun dihitung secara terpisah. Hasil dari perhitungan ini menghasilkan nilai jejak air (*water footprint*) untuk masing-masing jenis tanaman, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan hasil perhitungan kebutuhan ET (evapotranspirasi) dan CWU (*Crop Water Use*). Di Kabupaten Semarang, selama periode 2017 hingga 2019, curah hujan cenderung rendah, sehingga nilai ET hijau lebih rendah dibandingkan dengan ET biru. Namun, hal ini tidak dapat dijadikan acuan mutlak, karena terdapat banyak faktor yang dapat memengaruhi dominasi antara ET hijau dan ET biru, seperti suhu rata-rata, koefisien tanaman, kebutuhan air tanaman, serta fluktuasi curah hujan.

Berdasarkan tabel tersebut, untuk tanaman jagung, nilai ET biru lebih dominan, yaitu sebesar 583,6 mm/dekade dan 557,1 mm/dekade pada tahun 2018 dan 2019. Untuk kedelai, nilai ET biru juga lebih dominan, yaitu sebesar 455,2 mm/dekade dan 408 mm/dekade, dan hal yang sama berlaku untuk kacang tanah dengan nilai ET biru sebesar 602,4 mm/dekade dan 594,5 mm/dekade pada tahun 2018 dan 2019. Hal ini dipengaruhi oleh nilai ET_c yang terjadi pada tahun-tahun tersebut. Berdasarkan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa apabila nilai ET_c tinggi, maka akan berpengaruh terhadap besarnya ET biru yang dibutuhkan oleh tanaman.

Nilai CWU secara langsung dipengaruhi oleh nilai ET sebelumnya. CWU diperoleh dengan mengalikan nilai ET dengan faktor pengali tertentu yang diasumsikan dalam pendekatan ini. Nilai rata-rata CWU tertinggi ditemukan pada tanaman kacang tanah, yaitu sebesar 5.301,67 m³/ha. Hal ini juga menunjukkan bahwa kacang tanah memerlukan lebih banyak air dibandingkan dengan tanaman lainnya.

Dapat diamati bahwa secara rata-rata, CWU biru memiliki nilai tertinggi dibandingkan dengan air hijau. Nilai ET dan CWU, terutama untuk air biru, lebih tinggi karena wilayah yang dikaji di Kabupaten Semarang tergolong kering, sehingga tanaman sangat bergantung pada air irigasi untuk pertumbuhan dan perkembangannya.

Tabel 1. Hasil dari ET dan CWU untuk setiap jenis air disajikan

Variabel	Jagung			Kedelai			Kacang Tanah		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
ET _{hijau} (mm/dekade)	227.1	2.7	2.6	186.5	2.4	2.6	242.5	2.8	2.6
ET _{biru} (mm/dekade)	138	583.6	557.1	99.8	455.2	408	145.7	602.4	594.5
CWU _{hijau} (m ³ /ha)	2271	27	26	1865	24	26	2425	28	26
CWU _{biru} (m ³ /ha)	1380	5836	5571	998	4552	4080	1457	6024	5945

Nilai Jejak Air

Nilai jejak air (*water footprint*) menunjukkan sejauh mana kebutuhan air untuk tanaman. Berdasarkan pengamatan yang ada, tanaman di Kabupaten Semarang dapat menyerap air dari tiga sumber utama: air hujan, air tanah, dan air permukaan. Dari ketiga sumber air tersebut, seluruh nilai jejak air yang digunakan selama proses produksi dapat dihitung. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui jenis air mana yang paling dominan digunakan dan diserap oleh tanaman selama masa pertumbuhannya.

Tabel 2 menunjukkan nilai jejak air (*water footprint*) yang dihitung untuk setiap jenis air. Untuk WF hijau (WF *green*) pada masing-masing tanaman dan tahun, nilai tertinggi tercatat pada tahun 2017 untuk semua jenis tanaman, yaitu sebesar 351,43 m³/ton, 1362,1 m³/ton, dan 1077,1 m³/ton. Hal ini disebabkan oleh variabel curah hujan sebelumnya, di mana tahun 2017 memiliki curah hujan tertinggi dibandingkan tahun-tahun lainnya.

Sementara itu, untuk WF biru, nilai rata-rata tertinggi tercatat pada tahun 2018, yaitu sebesar 1121,2 m³/ton, 3207,6 m³/ton, dan 3316,8 m³/ton. Nilai WF biru yang tinggi pada tahun 2018 disebabkan oleh curah hujan yang relatif rendah, namun evapotranspirasi tanaman (ETc) tinggi. Hal ini menyebabkan peningkatan nilai ET biru karena tanaman lebih bergantung pada air irigasi, sehingga nilai WF juga ikut meningkat.

Selanjutnya, dibandingkan dengan nilai WF lainnya, WF abu-abu (WF *gray*) merupakan yang terendah. Hal ini disebabkan oleh bobot pupuk N, P, dan K yang digunakan pada tanaman serta luas panen. Dalam studi ini, diasumsikan bahwa 10% dari pupuk yang diaplikasikan mengalami limpasan ke saluran irigasi, dengan konsentrasi maksimum yang diizinkan sebesar 20 mg/l. Asumsi ini mempengaruhi hasil perhitungan WF abu-abu.

Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin banyak pupuk N, P, dan K yang diaplikasikan, maka semakin rendah nilai WF abu-abu. Seperti yang terlihat dalam tabel, setiap tanaman memiliki dosis aplikasi pupuk yang berbeda, sehingga menghasilkan nilai WF abu-abu yang cukup bervariasi. Tanaman jagung mendapatkan dosis pupuk tertinggi, yaitu sekitar 350 kg/ha, sedangkan kedelai dan kacang tanah masing-masing mendapatkan 200 kg/ha. Dengan tingkat aplikasi pupuk yang tinggi, hasil WF abu-abu pada jagung menjadi yang terendah, yaitu sebesar 27,08 m³/ton, 33,62 m³/ton, dan 30,71 m³/ton. Sementara hasil WF abu-abu untuk kacang tanah adalah 44,42 m³/ton, 55,06 m³/ton, dan 56,56 m³/ton.

Tabel 2. Hasil perhitungan jejak air untuk setiap jenis air

Jenis WF	Jagung			Kedelai			Kacang Tanah		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
WFhijau (m ³ /ton)	351.43	5.19	4.56	1362.1	16.91	2.01	1077.1	15.42	14.71
WFbiru (m ³ /ton)	213.55	1121.2	977.7	728.89	3207.6	315	647.17	3316.8	3362.8
WFabu-abu (m ³ /ton)	27.08	33.62	30.71	73.04	70.47	7.72	44.42	55.06	56.56

Jejak air yang dihitung dari setiap jenis air ini kemudian digabungkan menjadi total jejak air (total *water footprint*), sebagaimana disajikan dalam Tabel 3. Tabel 3 merupakan hasil rata-rata yang dikalkulasi dari hasil sebelumnya, sehingga didapatkan besarnya rata-rata *water footprint* setiap tahun untuk keseluruhan hasil panen.

Tabel 3. Total nilai jejak air

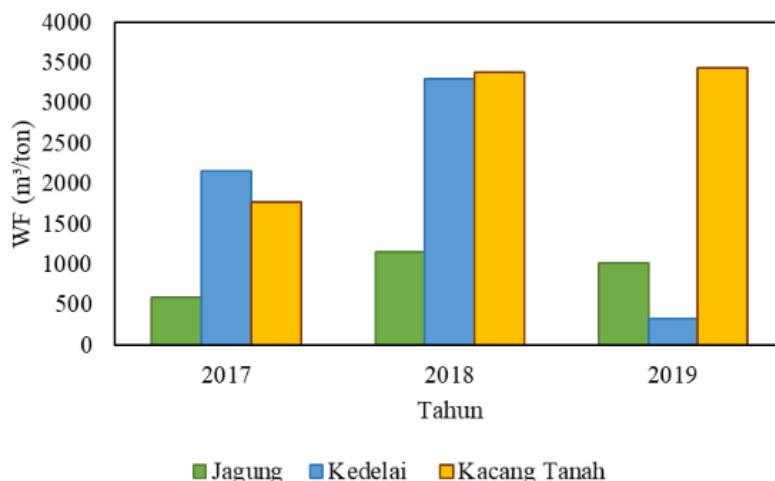
WF (m ³ /ton)	Tahun			Rata-Rata Komoditas
	2017	2018	2019	
WF _{hijau} (m ³ /ton)	592.07	1159.97	1012.97	921.67
WF _{biru} (m ³ /ton)	21.64.04	3294.95	324.73	1927.91
WF _{abu-abu} (m ³ /ton)	1768.74	3387.27	3434.03	2863.35
Rata-Rata	1508.28	2614.06	1590.58	

Gambar 4 menunjukkan bahwa jagung memiliki nilai jejak air sebesar 921,67 m³/ton, diikuti oleh kedelai sebesar 1.927,91 m³/ton, dan kacang tanah sebesar 2.863,35 m³/ton. Jika dibandingkan, jagung secara konsisten mencatatkan nilai jejak air paling rendah, yang menunjukkan bahwa kebutuhan air dalam proses produksinya relatif lebih kecil. Sebaliknya, kacang tanah menunjukkan nilai jejak air tertinggi setiap tahunnya di antara ketiga komoditas tersebut.

Hal ini mengindikasikan bahwa produksi kacang tanah memerlukan jumlah air yang cukup besar, tidak hanya karena kondisi iklim yang menuntut penggunaan irigasi yang intensif, tetapi juga dipengaruhi oleh lama masa panen tanaman tersebut. Perbedaan ini menekankan pentingnya pengelolaan air yang tepat dalam sektor pertanian guna menjamin efisiensi sumber daya dan keberlanjutan lingkungan.

Berdasarkan analisis sensitivitas yang dilakukan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa curah hujan dan produktivitas tanaman merupakan faktor-faktor yang paling berpengaruh terhadap nilai jejak air. Kedua faktor ini memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil akhir jejak air dibandingkan faktor lainnya. Curah hujan secara langsung mempengaruhi jumlah hujan efektif yang digunakan dalam perhitungan jejak air. Hal ini dapat mengurangi kebutuhan akan air irigasi dan mendorong pemanfaatan air hujan secara efisien, yang pada akhirnya dapat menaikkan atau menurunkan nilai jejak air.

Selain itu, produktivitas tanaman yang tinggi juga terbukti mampu menurunkan nilai jejak air. Tanaman dengan produktivitas tinggi menghasilkan lebih banyak hasil panen per satuan luas lahan, sehingga menurunkan nilai jejak air per ton produksi secara keseluruhan.



Gambar 4. Grafik jejak air setiap komoditas pertahun

4. KESIMPULAN

Perhitungan jejak air (*water footprint*) dilakukan di Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa Tengah, selama periode 2017–2019. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa nilai jejak air tertinggi terdapat pada tanaman kacang tanah sebesar 2.863,35 m³/ton, diikuti oleh kedelai sebesar 1.927,91 m³/ton, dan jagung sebesar 921,67 m³/ton. Tanaman kacang tanah membutuhkan air yang jauh lebih banyak dalam proses produksinya dibandingkan dengan jagung dan kedelai, yang menunjukkan potensi dampak yang lebih besar terhadap sumber daya air di wilayah tersebut. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa untuk kacang tanah yang memiliki nilai jejak air tertinggi sebagian besar air yang digunakan berasal dari irigasi (air biru), bukan dari air hujan (air hijau).

Berdasarkan analisis sensitivitas, dapat disimpulkan bahwa dua variabel yang paling berpengaruh terhadap nilai total jejak air adalah produktivitas dan curah hujan. Kabupaten Semarang merupakan wilayah yang tergolong kering dan rawan bencana kekeringan. Curah hujan yang rendah menyebabkan proses pertanian tidak dapat sepenuhnya bergantung pada air hijau, yaitu air dari hujan yang diserap tanah dan dimanfaatkan oleh tanaman. Oleh karena itu, diperlukan pemanfaatan air biru secara lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziez, A. F., Supriyadi, T., Dewi, T. S. K., & Saputra, A. F. (2021). Analisis pertumbuhan kedelai varietas grobogan pada cekaman kekeringan. *Jurnal Ilmiah Agrineca*, 21(1), 25–33. <https://doi.org/10.36728/afp.v21i1.1335>
- Alwi, M., Maharti, A. W. N., Rakhmadini, A., Prastiyawan, D., Rakhmatika, M., Adalya, N. M., Rosyida, Y. S., & Hizbaron, D. R. (2022). Pemetaan multi rawan bencana di Kabupaten Semarang. *Majalah Geografi Indonesia*, 36(1), 19-31. <https://doi.org/10.22146/mgi.68048>
- Harsono, A. (2011). Potensi dan peluang Jawa Tengah sebagai pendukung swasembada kedelai. *Buletin Palawija*, 55–62.
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. (2011). *The WaterFootprint Assessment. Manual Setting the Global Standard*. Earthscan: Washington, DC, USA.
- BPBD Kabupaten Semarang. (2019). *Rekap Data Bencana Kabupaten Semarang Januari - Desember 2019*. Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Semarang.
- BPS Jawa Tengah. (2016). *Badan Pusat Statistik Jawa Tengah*. Dinas Pertanian Tanaman Pangan Dan Hortikultural Provinsi Jawa Tengah.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi terapan*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Harefa, B. C. P., Satriyo, P., & Nasution, I. S. (2022). Water footprint sebagai konsep pengelolaan sumber daya air berkelanjutan. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7(2), 499-504.
- Cantik, B. K. P., W, A., Fadilah, S., Putri, H. A., & Stephanie, K. (2025). Tingkat kesadaran perempuan terhadap konservasi air dalam mendukung pembangunan berkelanjutan di Jabodetabek. *Jurnal Teknik Sipil Cendekia*, 6(1), 100–111.
- Simanjuntak, B. H., Prihtanti, T. M., Wahyono, E., Widowati, E. H., Sofianto, A., Kurniawati, H., Widiastuti, W., Hestningsih, S., Susilowati, T., Wijayanto, S. A., & Arvianto, A. (2025). Analisis model ketahanan pangan Jawa Tengah 2045: Pencapaian visi Jawa Tengah sebagai lumbung pangan nasional. *Analisis Kebijakan Daerah*, 1(1), 1-19.
- BPS Jawa Tengah. (2019). Provinsi Jawa Tengah dalam Angka 2019. *BPS Jawa Tengah*.

- Cantik, B. K. P., Fadilah, S., Putri, W. A. E., & Agustia, D. C. Y. (2024). Analisis strategi pengendalian banjir dengan upaya konservasi air menggunakan AHP. *Jurnal Teknik Sipil*, 20(2), 348-358. <https://doi.org/10.28932/jts.v20i2.7587>
- Farg, E., Arafat, S. M., Abd El-Wahed, M. S., & EL-Gindy, A. M. (2012). Estimation of evapotranspiration ET_c and crop coefficient K_c of wheat, in south Nile Delta of Egypt Using integrated FAO-56 approach and remote sensing data. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 15(1), 83-89. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2012.02.001>
- Gulo, D. K., & Nurhayati, N. (2022). Proses fisiologis pembentukan protein kedelai pada kondisi tanaman mengalami cekaman kekeringan. *Tabela Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 1(1), 15-18. <https://doi.org/10.56211/tabela.v1i1.167>
- Haghpanah, M., Hashemipetroudi, S., Arzani, A., & Araniti, F. (2024). Drought tolerance in plants: Physiological and molecular responses. *Plants*, 13(21), 2962. <https://doi.org/10.3390/plants13212962>
- Syabbuddi, H., & Las, I. (2002). Kadar air tanah, iklim mikro, dan hasil pertanian kedelai dengan waktu naungan dan pemberian air berbeda. *Journal IPB*, 16 (1&2), 25-36.
- Pratiwi, H. (2011). Pengaruh kekeringan pada berbagai fase tumbuh kacang tanah. *Buletin Palawija*, 22, 71-78.
- Hermantoro, & Pusposutarjo. (2000). Crop growth and water use modeling of uploas crops. *Journal IPB*, 14(2), 139-149.
- Gittinger, J. P. (1986). *Analisa Ekonomi Proyek-Proyek Pertanian* (2nd ed.). Jakarta : Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press).
- Kementerian Pertanian. (2016). *Outlook Komoditas Pertanian Sub Sektor Tanaman Pangan*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian.
- Kurniyati, E., Oelviani, R., & Jauhari, S. (2020). Kajian kelayakan teknologi usaha tani jagung di Kabupaten Kendal. *Jurnal Pangan*, 29(2), 105-116. <https://doi.org/10.33964/jp.v29i2.480>
- Mirzaei, A. R., Fazeli-Nasab, B., & Valizadeh, M. (2023). Ecological and structural attributes of soil rhizobiome improving plant growth under environmental stress. In *Rhizobiome* (pp. 403-420). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-16030-1.00003-1>
- Wisnubroto, M. P., Avianto, Y., & Sevirasari, N. (2024). Tanggapan Fisiologis dan Agronomis Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) terhadap Cekaman Kekeringan. *Kultiva*, 1(1), 6-13.
- Hapsari, P. (2007). Identifikasi Komoditas Pertanian Unggulan di Kabupaten Semarang [Undergraduate thesis, Universitas Sebelas Maret]. *Institutional Repository UNS*. <https://digilib.uns.ac.id/dokumen/detail/7595/Identifikasi-komoditi-pertanian-unggulan-di-kabupaten-Semarang>
- P2DPT. (2024). *Memahami Dasar Agronomi Tanaman Jagung: Kunci Keberhasilan dalam Pertanian Modern*. Pusat Pengelolaan Data Pendidikan Tinggi.
- Safitri, D., Widiari, T., Wilandari, Y., & Saputra, A. H. (2012). Analisis cluster pada Kabupaten/Kota di Jawa Tengah berdasarkan produksi palawija. *Media Statistika*, 5(1), 11-16. <https://doi.org/10.14710/medstat.5.1.11-16>
- Saktiyono, S. T. P., Suwanto, Suprayogi, & Farid, N. (2022). Drought Stress: Responses and Mechanism in Plants. *Reviews in Agricultural Science*, 10(0), 168-185. <https://doi.org/10.7831/ras.10.0.168>
- Salsabila, Susilo Budiyo, & Rosyida. (2024). Respons pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) akibat cekaman kekeringan dan pemberian konsentrasi asam salisilat. *Jurnal Agro*, 11(1), 59-74. <https://doi.org/10.15575/28244>
- Sanjaya, S., Cantik, B. K. P., & Wardaningrum, A. S. (2024). Analisis derajat bencana kekeringan di Pulau Jawa akibat fenomena El-Nino 2023. *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*, 4(2), 115-126.
- Setyabudi, A. D., & Mustafidah, H. (2020). Menentukan jenis tanaman pertanian palawija menggunakan metode simple additive weighting (SAW) dan metode weighted product (WP). *Sainteks*, 17(1), 61-72. <https://doi.org/10.30595/sainteks.v17i1.7829>
- Widaningsih, S. (2017). Analisis sensitivitas metode AHP dengan menggunakan weigthed sum model (WSM) pada simulasi pemilihan investasi sektor finansial. *Media Jurnal Informatika*, 9(1), 1-8.
- Asbur, Y., Purwaningrum, Y., Sitorus, S., & Nuh, M. (2025). Respon pertumbuhan tanaman jagung terhadap cekaman kekeringan. *Jurnal Ilmu Pertanian*, 13(1), 12-18.