

# Identifikasi Tren Parameter Hidrologi yang Berpengaruh Terhadap Kebutuhan Konsumtif Tanaman dan Ketersediaan Air Irigasi

M.S. Ilmana<sup>1</sup>, E.P.A. Pratiwi<sup>1\*</sup>, Karlina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, INDONESIA

\*Corresponding author: endita.prima.ari.pratiwi@ugm.ac.id

## INTISARI

Perubahan iklim dapat memengaruhi ketersediaan dan kebutuhan air irigasi, terutama pada daerah irigasi (DI) yang mengandalkan debit sungai sebagai sumber air. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi tren parameter hidrologi yang berpengaruh terhadap kebutuhan dan ketersediaan air irigasi di DI Jragung. Data yang digunakan meliputi curah hujan rata-rata (1999-2024), debit (2000-2016, 2018-2023), serta parameter klimatologi (1999-2024). Evapotranspirasi acuan ( $ET_0$ ) dihitung menggunakan CROPWAT. Analisis tren dilakukan menggunakan uji Mann-Kendall ( $\alpha = 0,05$ ). Hasil analisis menunjukkan suhu minimum dan maksimum meningkat signifikan pada seluruh bulan, selaras dengan kecenderungan peningkatan  $ET_0$  yang signifikan pada empat bulan (Maret, Mei, Agustus, dan September). Curah hujan rata-rata menunjukkan peningkatan signifikan pada bulan November ( $Z = 2,64$ ). Namun demikian, debit sungai menurun signifikan terlihat pada bulan April ( $Z = -2,27$ ). Peningkatan suhu udara yang signifikan mendorong kenaikan  $ET_0$ , sehingga kebutuhan air irigasi cenderung meningkat. Di sisi lain, ketersediaan air tidak selalu mengalami tren yang sejalan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran awal dalam pengelolaan air irigasi yang lebih responsif terhadap perubahan iklim.

**Kata kunci:** Curah Hujan, Debit, Kebutuhan Air Irigasi, Ketersediaan Air Irigasi, Mann-Kendall

## 1 PENDAHULUAN

Air merupakan unsur penting dalam kehidupan manusia, terutama dalam sektor pertanian yang sangat bergantung pada ketersediaannya. Namun, dalam beberapa dekade terakhir, perubahan iklim membuat keseimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan air semakin sulit dipertahankan. Pola curah hujan menjadi tidak menentu, suhu udara cenderung meningkat, dan musim kemarau berlangsung lebih lama. Perubahan ini secara langsung memengaruhi sistem irigasi yang berperan penting dalam mendukung produksi pangan di berbagai wilayah.

Kondisi tersebut tidak hanya terjadi di Indonesia, tetapi juga di banyak negara lain. Penelitian di Brasil oleh Silva dan Oliveira (2024) menunjukkan bahwa di daerah aliran Sungai São Francisco, curah hujan menurun lebih dari separuh wilayahnya, sementara evapotranspirasi acuan ( $ET_0$ ) meningkat sekitar 3 mm per tahun. Akibatnya, kebutuhan irigasi tambahan meningkat tajam, terutama pada musim kering, dengan kedalaman irigasi pada beberapa wilayah mencapai lebih dari 800 mm per musim tanam. Hasil serupa juga ditemukan di Nigeria oleh Godwin dkk. (2026) yang menunjukkan peningkatan suhu maksimum dan penurunan debit sungai yang signifikan. Penurunan debit tersebut mengidentifikasi bahwa perubahan iklim memberikan tekanan yang signifikan terhadap ketersediaan air khususnya di wilayah pertanian yang bergantung pada aliran sungai. Sementara itu, di Asia Selatan, penelitian oleh Islam dkk. (2026) menemukan bahwa kenaikan suhu sebesar 1-2°C dapat meningkatkan kebutuhan air irigasi hingga 18%, meskipun curah hujan tahunan secara umum meningkat.

Kecenderungan yang sama juga mulai terlihat di Indonesia. Sebagai negara beriklim tropis, Indonesia memiliki curah hujan yang relatif tinggi, tetapi distribusinya tidak merata dan sangat dipengaruhi oleh pola musiman. Penelitian Meiwandari (2024) menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan suhu, khususnya pada indeks suhu ekstrem serta perubahan pola curah hujan di Provinsi Jambi berdasarkan uji Mann-Kendall dan Sen's Slope. Suhu ekstrem cenderung meningkat setiap tahunnya, sementara karakteristik curah hujan menunjukkan variabilitas yang cukup tinggi. Penelitian oleh Aminoto (2024) menunjukkan bahwa perubahan curah hujan di Asia Tenggara, termasuk Indonesia, bersifat tidak seragam secara spasial dan temporal, dengan arah tren yang bervariasi antarwilayah. Kondisi ini mencerminkan tingginya variabilitas pola hujan yang berpotensi memengaruhi ketersediaan air dan sistem pertanian.

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji tren suhu dan curah hujan, implikasinya terhadap keberlanjutan pelayanan irigasi pada skala daerah irigasi masih belum banyak dibahas secara spesifik. Padahal, sistem irigasi sangat bergantung pada keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air yang dipengaruhi oleh kondisi hidrologi di daerah tangkapan airnya. Perubahan yang berlangsung secara bertahap, meskipun tampak kecil, dalam jangka panjang dapat memengaruhi keandalan suplai air dan perencanaan pola tanam, terutama pada sistem irigasi yang bergantung pada aliran sungai. Di Pulau Jawa sendiri, kajian yang secara khusus menelaah dinamika kebutuhan dan ketersediaan air pada skala daerah irigasi dengan karakteristik aliran yang relatif alami seperti DI Jragung masih terbatas. Oleh karena itu, diperlukan analisis terhadap perubahan parameter hidrologi, meliputi suhu udara, curah hujan, evapotranspirasi acuan, dan debit sungai, untuk memahami kecenderungan perubahan kebutuhan dan ketersediaan air irigasi secara lebih menyeluruh.

DI Jragung yang terletak di Kabupaten Demak dan Grobogan, Jawa Tengah merupakan salah satu wilayah pertanian yang memanfaatkan aliran Sungai Jragung sebagai sumber utama air irigasi. Sistem irigasi di wilayah ini bergantung pada aliran sungai melalui Bendung Jragung sebagai bangunan pengambilan air. Meskipun pembangunan bendungan di wilayah tersebut telah dimulai dalam beberapa tahun terakhir, sampai saat ini fungsi penyimpanan dan pengaturan air belum beroperasi, sehingga ketersediaan air irigasi masih sangat dipengaruhi oleh kondisi hidrologi di daerah tangkapan airnya. Dalam konteks tersebut, data historis digunakan untuk mengidentifikasi apakah suatu parameter menunjukkan kecenderungan meningkat, menurun, atau relatif stabil dari waktu ke waktu. Dalam penelitian ini, suhu dan  $ET_0$  digunakan untuk merepresentasikan perubahan kebutuhan air, sedangkan curah hujan dan debit untuk menggambarkan perubahan ketersediaan air di DI Jragung. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tren perubahan parameter hidrologi, meliputi suhu udara,  $ET_0$ , curah hujan, dan debit, serta implikasinya terhadap kebutuhan dan ketersediaan air irigasi di DI Jragung.

## 2 METODE PENELITIAN

### 2.1 Lokasi Penelitian

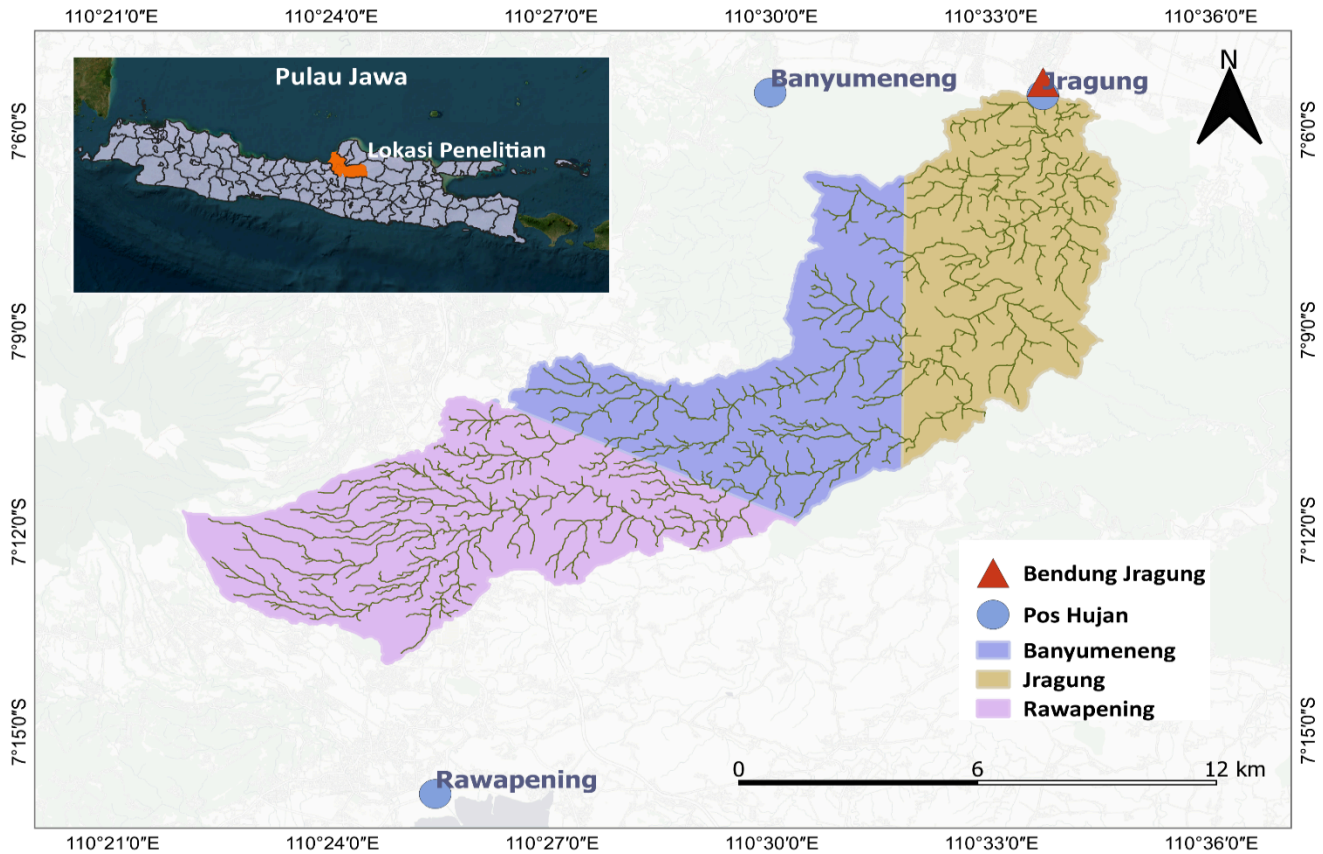
Penelitian dilakukan di DI Jragung, yang terletak di wilayah Kabupaten Demak dan Grobogan, Provinsi Jawa Tengah. Daerah ini termasuk dalam wilayah aliran Sungai Jragung yang merupakan salah satu sumber air utama bagi lahan pertanian di sekitarnya. Sebagian besar penduduk di wilayah ini bekerja di sektor pertanian, dengan komoditas utama berupa padi dan palawija. Sungai Jragung berfungsi sebagai sumber utama air irigasi dan menjadi penentu bagi keseimbangan antara ketersediaan air dan kebutuhan pertanian di daerah tersebut. Luas DAS adalah 130,38 km<sup>2</sup> dengan karakteristik didominasi oleh tanah aluvial dan topografi dataran rendah. Lokasi DAS penelitian, posisi pos hujan, dan Bendung Jragung sebagai titik outlet analisis ditunjukkan pada Gambar 1. Secara geografis, DI Jragung berada pada daerah dataran rendah dengan karakteristik iklim tropis basah yang memiliki dua musim utama, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Kondisi ini membuat wilayah tersebut sangat dipengaruhi oleh perubahan pola curah hujan tahunan dan fluktuasi suhu udara.

### 2.2 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data hidrologi dan data klimatologi seperti disajikan pada Tabel 1. Data hidrologi meliputi curah hujan dan debit sungai, sedangkan data klimatologi mencakup suhu udara, kelembapan, lama penyinaran matahari, dan kecepatan angin. Berdasarkan data klimatologi tersebut, evapotranspirasi acuan ( $ET_0$ ) dihitung menggunakan perangkat lunak CROPWAT, sedangkan analisis tren dilakukan dengan uji Mann-Kendall untuk mengetahui signifikansi terhadap perubahan setiap parameter dari waktu ke waktu.

Tabel 1 Jenis dan sumber data untuk penelitian pengaruh perubahan iklim terhadap kebutuhan dan ketersediaan air irigasi

No.	Jenis Data	Sumber	Keterangan
1	Data klimatologi	Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika	Parameter iklim St. Meteorologi Tanjung Mas (1999-2024)
2	Data curah hujan	Balai Pengelolaan Sumber Daya Air Bodri Kuto	Pos hujan Jragung, Banyumeneng, Rawapening (1999-2024)
3	Data aliran	Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana	Data debit Sungai Jragung di lokasi Bendung Jragung (2000-2016, 2018-2023)



Gambar 1. Peta Daerah Aliran Sungai (DAS) Jragung meliputi batas sub-DAS Banyumeneng, Jragung, dan Rawapening, lokasi pos hujan, serta Bendung Jragung sebagai titik outlet analisis. Inset peta menunjukkan posisi wilayah penelitian di Pulau Jawa.

### 2.3 Metode Penelitian

Pada penelitian ini, analisis tren terhadap curah hujan, debit, suhu udara, dan  $ET_0$  dilakukan menggunakan uji Mann-Kendall. Uji ini digunakan untuk mengidentifikasi arah dan signifikansi perubahan setiap parameter pada skala bulanan, dengan taraf signifikansi  $\alpha = 0,05$ . Pemilihan metode Mann-Kendall didasarkan pada sifatnya yang non-parametrik sehingga sesuai untuk data hidrologi yang umumnya tidak terdistribusi normal dan memiliki variabilitas tinggi.

#### 2.3.1 Curah Hujan Kawasan

Curah hujan kawasan dihitung untuk memperoleh nilai rata-rata hujan yang mewakili seluruh area DI Jragung. Perhitungan ini diperlukan karena sebaran stasiun hujan di sekitar wilayah penelitian tidak merata, sehingga pengaruh masing-masing stasiun terhadap wilayah irigasi berbeda-beda. Metode yang digunakan adalah Poligon Thiessen, yaitu metode pembobotan spasial yang membagi wilayah penelitian menjadi beberapa poligon berdasarkan kedekatan setiap titik terhadap stasiun hujan terdekat. Melalui pendekatan ini, setiap stasiun hujan memiliki bobot proporsional sesuai dengan luas wilayah yang diwakilinya, sehingga nilai curah hujan kawasan yang diperoleh lebih mencerminkan kondisi spasial hujan di daerah penelitian. Perhitungan curah hujan kawasan dilakukan menggunakan Persamaan (1).

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \tag{1}$$

dengan  $\bar{P}$  menyatakan curah hujan kawasan yang mewakili seluruh wilayah irigasi dalam satuan milimeter. Nilai ini diperoleh dari pembobotan curah hujan masing-masing stasiun hujan ( $P_i$ ) berdasarkan luas wilayah yang

diwakilinya.  $P_i$  merupakan curah hujan pada stasiun hujan ke- $i$ , sedangkan  $A_i$  adalah luas poligon Thiessen yang mewakili pengaruh stasiun hujan ke- $i$  terhadap wilayah penelitian. Jumlah stasiun hujan yang digunakan dinyatakan dengan  $n$ .

### 2.3.2 Evapotranspirasi Acuan ( $ET_0$ )

Evapotranspirasi acuan ( $ET_0$ ) menggambarkan jumlah air yang hilang melalui proses penguapan dari permukaan tanah dan transpirasi tanaman. Nilai  $ET_0$  dihitung menggunakan perangkat lunak CROPWAT versi 8.0 berdasarkan persamaan FAO Penman-Monteith (Allen dkk, 1998) sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (2). Penggunaan CROPWAT dalam analisis kebutuhan air irigasi telah diterapkan pada berbagai studi di Indonesia, salah satunya pada Daerah Irigasi Air Nipis, Bengkulu Selatan (Shalsabillah dkk, 2018).

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad (2)$$

dengan  $ET_0$  adalah evapotranspirasi referensi (mm/hari),  $R_n$  adalah radiasi neto pada permukaan tanaman,  $G$  adalah aliran panas tanah,  $T$  adalah suhu udara rata-rata harian pada ketinggian 2 meter,  $u_2$  adalah kecepatan angin pada ketinggian 2 meter,  $e_s$  adalah tekanan uap jenuh,  $e_a$  adalah tekanan uap aktual,  $e_s - e_a$  menunjukkan defisit tekanan uap yang merepresentasikan potensi penguapan,  $\Delta$  adalah kemiringan kurva tekanan uap jenuh terhadap suhu udara,  $\gamma$  adalah konstanta psikrometrik, konstanta 0,408 adalah faktor konversi dari  $MJ/m^2/hari$  menjadi mm/hari, sedangkan  $900 / (T + 273)$  berfungsi sebagai koreksi suhu terhadap pengaruh angin dan defisit tekanan uap.

### 2.3.3 Uji Tren Mann-Kendall

Analisis tren dilakukan menggunakan uji Mann-Kendall (MK Test) untuk mengetahui ada atau tidaknya kecenderungan perubahan (meningkat atau menurun) pada data hidrologi seperti curah hujan, suhu udara, debit sungai, dan evapotranspirasi. Uji ini bersifat non-parametrik, sehingga tidak bergantung pada distribusi data, dan sesuai untuk analisis data klimatologi yang bersifat fluktuatif dalam jangka panjang. Secara prinsip, uji Mann-Kendall membandingkan setiap nilai data dengan nilai-nilai sesudahnya dalam suatu deret waktu untuk menentukan arah perubahan. Hasil perbandingan tersebut dijumlahkan menjadi nilai statistik uji  $S$ , yang dirumuskan pada Persamaan (3).

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sign}(x_j - x_i) \quad (3)$$

dengan  $S$  adalah statistik uji Mann-Kendall,  $x_i$  dan  $x_j$  masing-masing adalah nilai data pada urutan ke- $i$  dan ke- $j$ ,  $n$  adalah jumlah total data pengamatan, dan  $\text{sign}(x_j - x_i)$  adalah fungsi tanda yang menunjukkan arah perbedaan antara dua nilai data. Fungsi tanda bernilai +1 apabila selisih ( $x_j - x_i$ ) lebih besar dari nol, bernilai 0 apabila selisih sama dengan nol, dan bernilai -1 apabila selisih lebih kecil dari nol. Penjumlahan dilakukan untuk seluruh pasangan data dengan urutan  $j$  lebih besar dari  $i$ , sehingga nilai  $S$  merepresentasikan kecenderungan arah perubahan data secara keseluruhan. Selanjutnya fungsi tanda (*sign function*) didefinisikan pada Persamaan (4).

$$\text{sign}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1, & \text{jika } (x_j - x_i) > 0 \\ 0, & \text{jika } (x_j - x_i) = 0 \\ -1, & \text{jika } (x_j - x_i) < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Nilai statistik  $S$  positif menunjukkan adanya tren meningkat, sedangkan nilai negatif menunjukkan tren menurun. Untuk memperhitungkan adanya nilai data yang sama (*ties*), varians statistik  $S$  dihitung dengan Persamaan (5).

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_t f_t(f_t-1)(2f_t+5)}{18} \quad (5)$$

dengan  $Var(S)$  adalah varians statistik Mann–Kendall,  $n$  adalah jumlah data dalam deret waktu,  $t$  adalah indeks kelompok data yang memiliki nilai sama (*ties*), dan  $f_t$  adalah jumlah data pada kelompok nilai yang sama ke- $t$ .

Komponen koreksi  $\sum f_t(f_t - 1)(2f_t + 5)$  digunakan untuk memperhitungkan pengaruh keberadaan data bernilai sama terhadap variabilitas statistik  $S$ , sehingga perhitungan varians tetap akurat meskipun terdapat nilai pengamatan yang identik. Setelah nilai  $S$  dan variansnya diketahui, nilai uji statistik  $Z$  dihitung untuk menentukan tingkat signifikansi tren menggunakan Persamaan (6).

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{se}, & S > 0 \\ 0, & S = 0 \\ \frac{S+1}{se}, & S < 0 \end{cases} \quad (6)$$

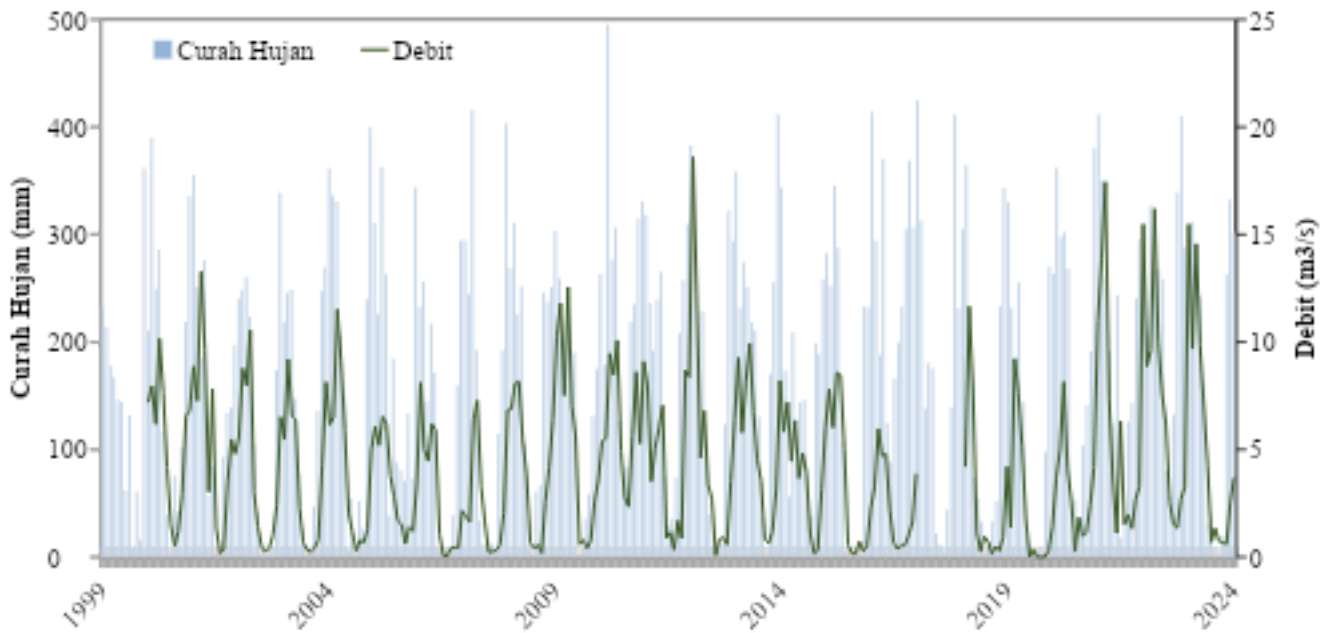
dengan  $Z$  adalah statistik uji normal standar pada metode Mann–Kendall,  $S$  adalah statistik Mann–Kendall, dan  $se$  adalah simpangan (*standard error*) dari statistik  $S$  yang diperoleh dari akar varians  $Var(S)$ . Nilai  $Z$  dihitung berdasarkan nilai  $S$ . Formulasi ini digunakan untuk menyesuaikan statistik  $S$  agar mendekati distribusi normal baku. Kriteria pengujian ditetapkan pada taraf kepercayaan 95% atau dengan tingkat signifikansi  $\alpha = 0,05$ . Suatu deret data dinyatakan memiliki tren yang signifikan apabila nilai  $|Z|$  lebih besar dari 1,96, dengan arah tren ditentukan berdasarkan tanda  $Z$ . Nilai  $Z$  positif menunjukkan tren meningkat dan nilai  $|Z|$  negatif menunjukkan tren menurun. Sebaliknya, apabila nilai  $|Z|$  lebih kecil atau sama dengan 1,96, data dianggap tidak memiliki tren yang signifikan.

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Variabilitas Temporal Hujan dan Debit

Curah hujan kawasan DI Jragung dihitung menggunakan metode Poligon Thiessen dengan mempertimbangkan faktor pengaruh luas masing-masing stasiun hujan, dengan bobot sebesar 0,30 (Jragung), 0,31 (Banyumeneng), dan 0,38 (Rawapening). Berdasarkan Gambar 2, pola curah hujan dan debit Sungai Jragung periode 1999-2024 menunjukkan fluktuasi antarbulan dan antartahun. Curah hujan cenderung lebih tinggi pada bulan November-Maret dan rendah pada periode Juni-September. Pola ini umum terjadi di wilayah beriklim monsun seperti Pulau Jawa, yang mana hujan terkonsentrasi pada musim penghujan dan kering saat musim kemarau (Mulyati dkk, 2020). Selain pola musiman, terlihat juga adanya perbedaan yang cukup mencolok antar tahun. Ada tahun-tahun dengan curah hujan sangat tinggi, tetapi ada pula tahun dengan nilai yang jauh lebih rendah dari rata-rata. Fluktuasi seperti ini sering terjadi pada DAS tropis yang dipengaruhi oleh dinamika atmosfer regional maupun global, sehingga distribusi hujan tidak selalu stabil dari tahun ke tahun (Panditharathne dkk, 2023).

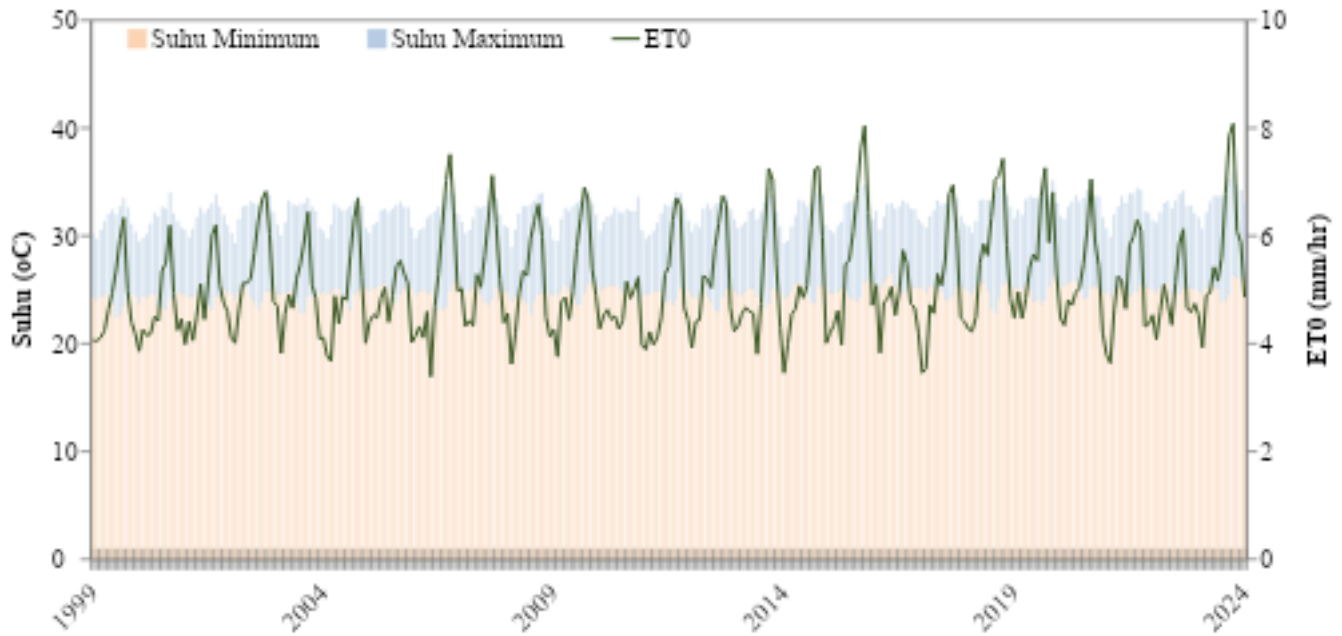
Debit Sungai Jragung secara umum mengikuti pola hujan tersebut. Saat musim hujan, debit cenderung tinggi. Sebaliknya, ketika memasuki musim kemarau, debit cenderung rendah. Namun demikian, hubungan ini tidak selalu proporsional. Pada beberapa periode, curah hujan yang relatif tinggi tidak langsung diikuti oleh peningkatan debit yang sebanding. Hal ini menunjukkan bahwa respon sungai terhadap hujan tidak hanya dipengaruhi oleh besarnya curah hujan karena proses aliran sungai dipengaruhi oleh berbagai komponen dalam sistem hidrologi (Ilva & Chidmahdjati, 2025). Pada masa peralihan musim, khususnya sekitar Maret-April, debit mulai menurun meskipun masih terdapat sisa curah hujan dari musim sebelumnya. Secara umum hal ini terjadi karena setelah musim hujan berakhir, aliran sungai tidak lagi mendapat tambahan air secara langsung dari hujan. Debit kemudian bergantung pada sisa simpanan air dalam sistem DAS, sehingga secara bertahap cenderung menurun. Keadaan ini dapat memengaruhi kestabilan pasokan air irigasi, terutama pada sistem yang bergantung langsung pada aliran sungai.



Gambar 2. Hubungan Curah Hujan dan Debit Sungai Periode 1999–2024

### 3.2 Variabilitas Temporal Suhu dan Evapotranspirasi ( $ET_0$ )

Berdasarkan Gambar 3, suhu minimum dan suhu maksimum menunjukkan fluktuasi antarbulan dan antartahun selama periode pengamatan 1999-2024. Pola suhu memperlihatkan variasi musiman yang relatif konsisten, dengan nilai yang cenderung lebih tinggi pada Agustus-Oktober, dan lebih rendah pada Januari-Februari. Jika dibandingkan antartahun, suhu pada periode akhir pengamatan cenderung lebih tinggi dibandingkan awal tahun 2000-an. Kenaikan ini memang tidak terjadi secara drastis, tetapi terlihat bertahap dari waktu ke waktu. Pada dekade terakhir, nilai suhu maksimum juga tampak lebih sering mencapai angka yang lebih tinggi dibandingkan periode sebelumnya. Evapotranspirasi acuan ( $ET_0$ ) juga menunjukkan dinamika temporal yang mengikuti variasi unsur klimatologi, terutama suhu udara. Secara umum, peningkatan suhu pada musim kemarau diikuti oleh nilai  $ET_0$  yang lebih besar, sementara pada musim hujan ketika suhu relatif lebih rendah, nilai  $ET_0$  juga lebih kecil. Hal ini sesuai dengan prinsip persamaan FAO Penman-Monteith, dimana suhu udara merupakan salah satu parameter utama dalam perhitungan  $ET_0$ . Secara kuantitatif, penelitian Zhao dkk. (2020) menunjukkan bahwa peningkatan suhu udara memiliki pengaruh paling besar terhadap kenaikan  $ET_0$  dibandingkan unsur iklim lainnya. Hasil serupa ditemukan oleh Guo dkk. (2023), yang juga menemukan bahwa kenaikan suhu pada periode kemarau berpengaruh signifikan terhadap peningkatan  $ET_0$  dibandingkan variabel iklim lainnya. Rahman dkk. (2023) juga menemukan bahwa perubahan suhu dan  $ET_0$  memiliki implikasi terhadap kebutuhan air dan pengelolaan irigasi. Pola yang terlihat pada grafik menunjukkan bahwa suhu dan  $ET_0$  berfluktuasi mengikuti dinamika musiman, sehingga parameter yang merepresentasikan kebutuhan air bersifat dinamis dan sangat dipengaruhi oleh perubahan suhu udara, yang selanjutnya dianalisis kecenderungannya melalui uji tren statistik.



Gambar 3. Hubungan Suhu Minimum, Suhu Maksimum, dan  $ET_0$  Tahun 1999–2024

### 3.3 Analisis Tren dan Parameter Hidrologi

Berdasarkan hasil uji Mann-Kendall yang disajikan pada Tabel 2, curah hujan rata-rata sebagian besar bulan tidak menunjukkan tren yang signifikan. Tren peningkatan signifikan hanya ditemukan pada bulan November dengan nilai  $Z = 2,64$ , sedangkan pada bulan lainnya nilai  $|Z| \leq 1,96$ . Pola ini sejalan dengan hasil penelitian Suryanto (2018) yang menunjukkan bahwa curah hujan bulanan di Kabupaten Magelang umumnya tidak memperlihatkan tren signifikan berdasarkan uji Mann-Kendall. Hal ini mengindikasikan bahwa variabilitas curah hujan di beberapa wilayah monsun Jawa cenderung fluktuatif, tetapi tidak menunjukkan kecenderungan perubahan yang konsisten secara statistik. Pada parameter debit sungai, penurunan signifikan teridentifikasi pada bulan April dengan nilai  $Z = -2,27$ , sementara bulan lainnya tidak menunjukkan tren yang signifikan. Kondisi ini menunjukkan bahwa peningkatan curah hujan tidak selalu diikuti oleh peningkatan debit sungai. Chen dkk. (2016) menemukan bahwa meskipun curah hujan tidak menunjukkan tren yang signifikan, debit sungai mengalami penurunan signifikan. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa perubahan debit tidak selalu sejalan dengan variasi curah hujan. Rudra dan Alam (2023) menemukan kondisi yang serupa yaitu debit sungai cenderung menurun pada musim kering dan periode peralihan musim, sehingga meningkatkan potensi kelangkaan air meskipun curah hujan pada musim basah relatif tinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa perubahan pada parameter ketersediaan air tidak terjadi secara merata sepanjang tahun.

Berbeda dengan curah hujan dan debit, suhu minimum dan suhu maksimum menunjukkan tren meningkat yang signifikan pada seluruh bulan ( $Z > 1,96$ ). Hal ini mengindikasikan adanya kecenderungan kenaikan suhu udara yang konsisten selama periode pengamatan. Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian Meiwandari dkk. (2024) yang menemukan adanya tren peningkatan suhu signifikan di Indonesia berdasarkan analisis Mann-Kendall. Sejalan dengan peningkatan suhu,  $ET_0$  juga menunjukkan tren meningkat signifikan pada bulan Maret ( $Z = 3,33$ ), Mei ( $Z = 2,64$ ), Agustus ( $Z = 1,96$ ), dan September ( $Z = 2,14$ ), sedangkan pada bulan lainnya tren tidak signifikan. Hasil ini sejalan dengan penelitian Zhao dkk. (2020) yang menunjukkan bahwa peningkatan suhu udara berperan penting terhadap kenaikan  $ET_0$ .

Tabel 2. Hasil Uji Tren Mann–Kendall Bulanan pada Curah Hujan Rata-Rata, Debit,  $ET_0$ , Suhu Minimum, dan Suhu Maksimum

Bulan	Curah Hujan Rata-Rata		Debit		$ET_0$		Suhu Min		Suhu Max	
	Z – stat	Tren	Z – stat	Tren	Z – stat	Tren	Z – stat	Tren	Z – stat	Tren
Januari	1,76	NT	0,16	NT	1,48	NT	3,84	Naik	3,21	Naik
Februari	0,84	NT	1,21	NT	0,15	NT	3,18	Naik	2,93	Naik
Maret	0,66	NT	0,53	NT	3,33	Naik	4,61	Naik	3,21	Naik
April	1,19	NT	-2,27	Turun	1,87	NT	4,62	Naik	2,96	Naik
Mei	1,28	NT	-0,85	NT	2,64	Naik	4,00	Naik	4,21	Naik
Juni	0,18	NT	-0,92	NT	1,26	NT	3,30	Naik	3,39	Naik
Juli	1,31	NT	0,85	NT	1,35	NT	3,14	Naik	4,55	Naik
Agustus	0,40	NT	1,48	NT	1,96	Naik	3,75	Naik	4,64	Naik
September	0,99	NT	0,77	NT	2,14	Naik	3,21	Naik	3,98	Naik
Oktober	1,23	NT	-1,08	NT	1,43	NT	5,14	Naik	2,43	Naik
November	2,64	Naik	-1,08	NT	1,32	NT	4,20	Naik	2,69	Naik
Desember	0,09	NT	0,29	NT	1,37	NT	3,93	Naik	4,00	Naik

Keterangan: Uji tren dilakukan menggunakan metode Mann-Kendall, dengan taraf signifikansi  $\alpha = 0,05$ .  
 Nilai  $|Z| \leq 1,96$  menunjukkan tren tidak signifikan (NT).

### 3.4 Implikasi dan Limitasi

Hasil analisis tren menunjukkan bahwa parameter yang merepresentasikan kebutuhan air, yaitu suhu dan  $ET_0$ , mengalami peningkatan yang lebih konsisten dibandingkan parameter ketersediaan air, yaitu curah hujan dan debit. Kondisi ini menunjukkan adanya kecenderungan bahwa kebutuhan air konsumtif tanaman meningkat secara bertahap, sementara suplai air dari sungai tidak selalu mengalami peningkatan yang sejalan. Kondisi ini mengindikasikan potensi tekanan terhadap ketersediaan air yang perlu dikonfirmasi lebih lanjut melalui analisis neraca air secara kuantitatif. Temuan penelitian ini sejalan dengan Rahman dkk. (2023) yang menunjukkan bahwa perubahan suhu dan  $ET_0$  memiliki implikasi terhadap kebutuhan air dan pengelolaan irigasi. Pada sistem irigasi yang bergantung pada aliran sungai, ketidakseimbangan ini berpotensi mengganggu keseimbangan antara suplai dan kebutuhan air, terutama pada periode peralihan musim ketika debit cenderung menurun tetapi kebutuhan air masih relatif tinggi. Kondisi serupa juga dilaporkan oleh Rudra dan Alam (2023), yang menunjukkan bahwa aliran musim kering mengalami tren menurun sehingga berpotensi meningkatkan risiko kelangkaan air. Dalam praktik pengelolaan irigasi, kondisi tersebut dapat memengaruhi keandalan pelayanan air, misalnya melalui penyesuaian jadwal distribusi, pembatasan alokasi air, atau meningkatnya risiko kekurangan air pada petak sawah bagian hilir. Meskipun perubahan yang terjadi bersifat bertahap dan tidak selalu terlihat sebagai kejadian ekstrem, peningkatan kebutuhan air yang konsisten dalam jangka panjang dapat menjadi tekanan terhadap keberlanjutan sistem irigasi.

Penelitian ini memiliki keterbatasan karena analisis dilakukan berdasarkan data hidroklimat dan belum mempertimbangkan faktor lain seperti perubahan penggunaan lahan, pola tanam, maupun sistem operasi jaringan irigasi yang juga dapat memengaruhi keseimbangan air. Selain itu, terdapat beberapa faktor lain yang dapat memengaruhi kebutuhan air tanaman seperti perkolasi dan efisiensi jaringan. Dalam penelitian ini parameter hidrologi yang digunakan untuk merepresentasikan kebutuhan air tanaman dibatasi pada suhu sebagai parameter utama dalam perhitungan  $ET_0$ . Penelitian ini juga berfokus pada tren historis dan belum mencakup analisis neraca air secara kuantitatif maupun proyeksi kondisi masa depan. Analisis tren yang dilakukan terbatas untuk mengidentifikasi ada atau tidaknya tren yang signifikan pada masing-masing parameter. Hasil penelitian ini dapat dipandang sebagai gambaran awal mengenai arah perubahan parameter hidrologi di DI Jragung. Kajian yang lebih komprehensif diperlukan dengan mempertimbangkan faktor lain yang memengaruhi neraca air dan proyeksi perubahan iklim pada masa yang akan datang.

#### 4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji Mann-Kendall, suhu minimum dan suhu maksimum di DI Jragung menunjukkan tren meningkat signifikan pada seluruh bulan selama periode pengamatan. Evapotranspirasi acuan ( $ET_0$ ) menunjukkan tren meningkat signifikan pada bulan Maret, Mei, Agustus, dan September. Sebaliknya curah hujan rata-rata umumnya tidak menunjukkan tren signifikan, kecuali pada bulan November. Parameter debit menunjukkan tren menurun signifikan pada bulan April. Hasil ini menunjukkan bahwa parameter yang merepresentasikan kebutuhan air (suhu dan  $ET_0$ ) cenderung meningkat lebih konsisten, sementara parameter ketersediaan air (curah hujan dan debit) tidak menunjukkan peningkatan yang sepadan. Temuan tersebut memberikan gambaran bahwa pengelolaan air irigasi di DI Jragung perlu memperhatikan dinamika perubahan suhu dan evapotranspirasi dalam perencanaan distribusi air. Penelitian ini masih terbatas pada analisis tren historis berbasis data hidroklimat dan belum mempertimbangkan faktor penggunaan lahan maupun analisis neraca air secara menyeluruh. Oleh karena itu, kajian lanjutan yang lebih komprehensif diperlukan untuk mendukung pengelolaan air irigasi yang lebih adaptif di masa mendatang.

#### REFERENSI

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., and Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56)*. FAO, Rome, Italy.
- Aminoto, A. (2024). "Analisis perubahan curah hujan di Asia Tenggara dan implikasinya terhadap sumber daya air." *Jurnal Sumber Daya Air Indonesia*, 10(1), 45–56.
- Chen, Y., Yang, K., Tang, W., & Qin, J. (2016). "Recent changes in river discharge and their climatic and anthropogenic causes." *Journal of Hydrology*, 542, 813–826.
- Godwin, A., Musa, B., and Ibrahim, S. (2026). "Impact of climate change on river discharge and irrigation demand in Northern Nigeria." *Journal of Hydrology and Climate Studies*, 14(2), 77–89.
- Guo, Y., Olesen, J.E., and Zhang, X. (2023). "Change trend and attribution analysis of reference evapotranspiration under climate change." *Agricultural Water Management*, 276, 108077.
- Ilva, H.Y.R., and Chidmahdjati, A.B. (2025). "Kajian variabilitas curah hujan dan pengaruhnya terhadap debit sungai di wilayah Pantai Cermin (DAS Siak Bagian Hulu)." *Siklus: Jurnal Teknik Sipil*, 11(1), 85–94.
- Islam, M., Rahman, M., and Hossain, A. (2026). "Effect of temperature increase on irrigation water requirement in South Asia." *Agricultural Water Management*, 215, 150–162.
- Meiwandari, M., Iskandar, I., and Irfan, M. (2024). "Analisis tren curah hujan dan suhu ekstrem di Provinsi Jambi menggunakan Mann-Kendall dan Sen's Slope." *Jurnal Inovasi dan Pembelajaran Fisika*, 11(1), 14–27.
- Mulyanti, H., Harjono, and Rendra, M.I. (2020). "Penurunan intensitas hujan ekstrem di Bengawan Solo Hilir dan hubungannya dengan ENSO." *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(1), 73–81.
- Panditharathne, R., Gunathilake, M.B., Chathuranika, I.M., Rathnayake, U., Babel, M.S., and Jha, M.K. (2023). "Trends and variabilities in rainfall and streamflow: A case study of the Nilwala River Basin in Sri Lanka." *Hydrology*, 10(1), 8.
- Rahman, M.N., Azim, S.A., Jannat, F.A., Rony, M.R.H., Ahmad, B., and Sarkar, M.A.R. (2023). "Quantification of rainfall, temperature, and reference evapotranspiration trend and their interrelationship in sub-climatic zones of Bangladesh." *Heliyon*, 9, e19559.
- Rudra, R., and Alam, M.A. (2023). "Seasonal variability of river discharge and implications for irrigation water availability." *Irrigation Science*, 41(2), 145–158.
- Shalsabillah, H., Amri, K., & Gunawan, G. (2018). Analisis Kebutuhan Air Irigasi Menggunakan Metode CROPWAT 8.0. *Jurnal Inersia*, 10(2), 61–68.
- Silva, R., and Oliveira, J. (2024). "Changes in reference evapotranspiration and irrigation requirement in the São Francisco River Basin." *Irrigation Science*, 42(3), 201–215.

- Suryanto, J. (2018). "Analisis tren curah hujan di Kabupaten Magelang menggunakan uji Mann–Kendall dan modifikasinya". *Jurnal Teknik Pengairan*, 9(1), 1–10.
- Zhao, Y., Wang, J., & Chen, X. (2020). "Impacts of climate change on reference crop evapotranspiration." *Agricultural Water Management*, 240, 106284.