Nusantara Journal of Multidisciplinary Science
Vol. 3, No. 11, Juni 2026
Hal 1703-1710
E-ISSN : 3024-8752
P-ISSN : 3024-8744
Site : https://jurnal.intekom.id/index.php/njms

Analisis Pengaruh Intensitas Sinar Matahari dan Kelembapan Terhadap Perubahan Debit Air Bendungan Karangkates Berdasarkan Data Bulanan

Dana Ristanto[1]
[1]Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Surabaya, Indonesia

Article Info

Article history:

Received Juni 17, 2026
Revised Juni 17, 2026
Accepted Juni 19, 2026

Kata Kunci:

Debit Air,
Radiasi Matahari,
Kelembaban Udara,
Regresi Linier Berganda,
Variabel Iklim

Keywords:

Water Discharge,
Solar Radiation,
Air Humidity,
Multiple Linear Regression,
Climate Variables.

ABSTRAK

Debit air merupakan indikator penting dalam pengelolaan sumber daya air, dan dipengaruhi oleh faktor meteorologi yang bervariasi dari waktu ke waktu. Data yang digunakan meliputi data debit air harian, intensitas radiasi matahari, dan kelembaban udara yang diperoleh dari Stasiun Geofisika Malang Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Indonesia dan badan pengelola bendungan Jasa Tirta. Analisis dilakukan menggunakan regresi linier berganda untuk menentukan kontribusi masing-masing variabel iklim terhadap perubahan debit air. Hasil analisis menunjukkan bahwa radiasi matahari dan kelembaban udara memiliki pengaruh signifikan terhadap debit air, baik secara parsial maupun simultan. Koefisien determinasi (R^2) menunjukkan tingkat kesesuaian model yang cukup baik, yang mengindikasikan bahwa variasi debit air dapat dijelaskan oleh kedua variabel tersebut. Temuan ini menunjukkan bahwa radiasi matahari dan kelembaban udara perlu dipertimbangkan dalam perencanaan dan pengelolaan operasional bendungan, terutama dalam menghadapi dinamika iklim yang semakin tidak pasti. Studi ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variabel iklim, yaitu radiasi matahari dan kelembaban udara, terhadap debit air di Bendungan Karangkates selama tahun 2024.

ABSTRACT

Water discharge is an important indicator in water resource management, and is influenced by meteorological factors that vary over time. The data used includes daily water discharge data, solar radiation intensity, and air humidity obtained from the Malang Geophysical Station of the Indonesian Meteorological, Climatological, and Geophysical Agency (BMKG) and the Jasa Tirta dam management agency. The analysis was conducted using multiple linear regression to determine the contribution of each climate variable to changes in water discharge. The results of the analysis show that solar radiation and humidity have a significant effect on water discharge, both partially and simultaneously. The coefficient of determination (R^2) shows a fairly good level of model fit, indicating that variations in water discharge can be explained by these two variables. These findings indicate that solar radiation and humidity need to be considered in dam planning and operational management, especially in the face of increasingly uncertain climate dynamics. This study aims to analyze the effect of climate variables, namely solar radiation and air humidity, on water discharge at the Karangkates Dam during 2024.

This is an open access article under the CC BY license.

Corresponding Author:

Dana Ristanto,
Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur,
Jawa Timur, Indonesia
Email: munajat.cinta1985@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Bendungan Karangkates, juga dikenal sebagai Bendungan Sutami, terletak di Sungai Brantas di Kabupaten Malang, Jawa Timur. Bendungan ini dibangun pada tahun 1970-an dan diresmikan pada tahun 1973 sebagai salah satu proyek strategis nasional untuk pengelolaan sumber daya air di wilayah Brantas. Fungsi utama Bendungan Karangkates adalah untuk menyediakan air irigasi, mengendalikan banjir, menyediakan air baku untuk kebutuhan domestik dan industri, dan menghasilkan tenaga listrik tenaga air (Pembangkit Listrik Tenaga Air Sutami) dengan kapasitas sekitar 3 x 35 megawatt. Selain fungsi teknisnya, bendungan ini juga digunakan sebagai objek wisata air dan perikanan darat [1] yang mendukung perekonomian masyarakat sekitar. Secara fisik, Bendungan Karangkates memiliki total volume penyimpanan sekitar 343 juta meter kubik (m^3) dengan luas daerah tergenang ±22,6 km^2 dan tinggi bendungan sekitar 98 meter. Kapasitas penyimpanannya yang efektif digunakan untuk mengatur aliran Sungai Brantas sehingga pasokan air tetap stabil sepanjang tahun, terutama selama musim kemarau.

Paparan sinar matahari berhubungan langsung dengan laju penguapan air di permukaan waduk [2]. Semakin tinggi intensitas sinar matahari, semakin besar proses penguapan, yang berpotensi mengurangi volume air di waduk. Hal ini terutama terlihat selama musim kemarau, ketika suhu udara tinggi dan curah hujan rendah. Dalam kondisi ini, air dari permukaan waduk menguap lebih cepat, menyebabkan penurunan debit air yang signifikan. Sebaliknya, ketika intensitas radiasi matahari menurun karena tutupan awan atau curah hujan yang sering, laju penguapan menurun dan volume air di waduk dapat dipertahankan dengan lebih baik. Selain itu, kelembapan udara juga memengaruhi perubahan debit air. Kelembapan tinggi menunjukkan jumlah uap air yang besar di atmosfer, yang dapat menekan proses penguapan karena udara jenuh dengan uap air. Dengan demikian, dalam kondisi kelembapan tinggi, kehilangan air akibat penguapan cenderung lebih rendah. Sebaliknya, kelembapan udara rendah mempercepat penguapan karena udara kering menyerap lebih banyak uap air dari permukaan waduk [3]. Kombinasi suhu tinggi, sinar matahari yang kuat, dan kelembapan rendah seringkali menjadi penyebab utama penurunan debit air selama periode tertentu. Pada tahun 2024, dinamika iklim di Jawa Timur mengalami variasi signifikan akibat pengaruh pola cuaca global, seperti El Niño dan La Niña [4]. Kondisi ini menyebabkan fluktuasi sinar matahari dan kelembapan, yang secara langsung berdampak pada debit air di Bendungan Karangkates.

Oleh karena itu, penelitian tentang hubungan antara dua variabel iklim ini dan debit air sangat penting untuk memahami pola perubahan volume air secara lebih akurat. Melalui analisis ini, pengelola sumber daya air dapat memperoleh gambaran yang lebih jelas tentang bagaimana faktor iklim berperan dalam mengatur ketersediaan air di waduk. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu perencanaan operasional bendungan, khususnya dalam menjaga keseimbangan antara kebutuhan air irigasi, pembangkit listrik, dan pengendalian banjir. Dengan demikian, pemahaman tentang pengaruh sinar matahari dan kelembaban terhadap debit air tidak hanya penting secara ilmiah, tetapi juga memiliki manfaat praktis untuk pengelolaan air berkelanjutan di Bendungan Karangkates. Penelitian tentang hubungan antara faktor klimatologi, seperti radiasi matahari dan kelembaban udara, dan debit air bendungan telah dilakukan secara luas di berbagai wilayah, baik di Indonesia maupun di luar negeri. Namun, penelitian ini memiliki beberapa elemen baru yang membedakannya dari penelitian sebelumnya. Salah satu fitur unik utamanya adalah konteks spesifik lokasi penelitian, yaitu Bendungan

Karangkates di Malang pada tahun 2024. Sebagian besar studi sebelumnya berfokus pada bendungan lain di Indonesia, seperti bendungan Jatiluhur, Wonogiri, atau Sutami, yang memiliki pola iklim, topografi, dan curah hujan yang berbeda dari Karangkates. Sementara itu, Bendungan Karangkates memiliki kondisi hidrologi yang unik karena terletak di daerah dengan fluktuasi suhu harian yang tinggi, serta pola sinar matahari dan kelembapan yang dipengaruhi oleh lokasinya di dataran tinggi. Kondisi ini berarti bahwa respons debit air terhadap perubahan iklim di Karangkates tidak selalu sama dengan bendungan lain.

Selain konteks lokasi, studi ini juga menghadirkan kebaruan dalam hal waktu dan data, yaitu dengan menggunakan data klimatologi dan data debit air harian untuk tahun 2024. Data ini mencerminkan kondisi iklim dinamis saat ini akibat perubahan cuaca global seperti El Niño dan La Niña. Dengan demikian, hasil analisis memberikan gambaran yang lebih relevan tentang situasi iklim saat ini. Dari segi metodologi, studi ini menggunakan analisis regresi linier berganda untuk menilai kontribusi setiap variabel iklim terhadap perubahan debit air. Pendekatan ini tidak hanya mengamati hubungan sederhana tetapi juga menilai efek simultan dari radiasi matahari dan kelembaban, sehingga menghasilkan hasil yang lebih komprehensif. Dengan berfokus pada lokasi spesifik, data terbaru, dan pendekatan analitis yang sistematis, studi ini memberikan wawasan baru tentang hubungan antara faktor iklim dan debit air bendungan di wilayah tropis. Hasilnya diharapkan dapat menjadi dasar untuk pengelolaan air yang lebih adaptif dalam menanggapi perubahan iklim, khususnya di Bendungan Karangkates dan sekitarnya.

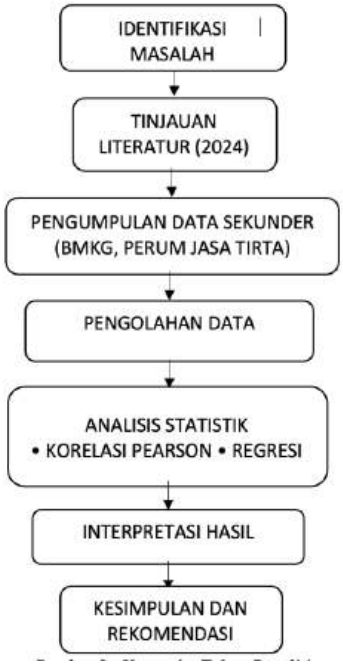
2. METODE

2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data observasi dari Stasiun Geofisika Malang dan Perum Jasa Tirta I Malang, Jawa Timur. Kedua lembaga tersebut berperan penting dalam menyediakan data klimatologi dan hidrologi yang akurat untuk wilayah sekitar Bendungan Karangkates. Secara geografis, lokasi penelitian berada pada koordinat 8,15° Lintang Selatan (LS) dan 112,45° Bujur Timur (BT), yang mencerminkan posisi Bendungan Karangkates di bagian selatan Kabupaten Malang. Wilayah ini memiliki iklim tropis basah dengan dua musim utama, yaitu musim hujan dan musim kemarau, yang bergantian sepanjang tahun.



Gambar 1. Waduk Karangkates, Malang, Jawa Timur.
(Andrini, 2023)



Gambar 2 : Kerangka Tahap Penelitian

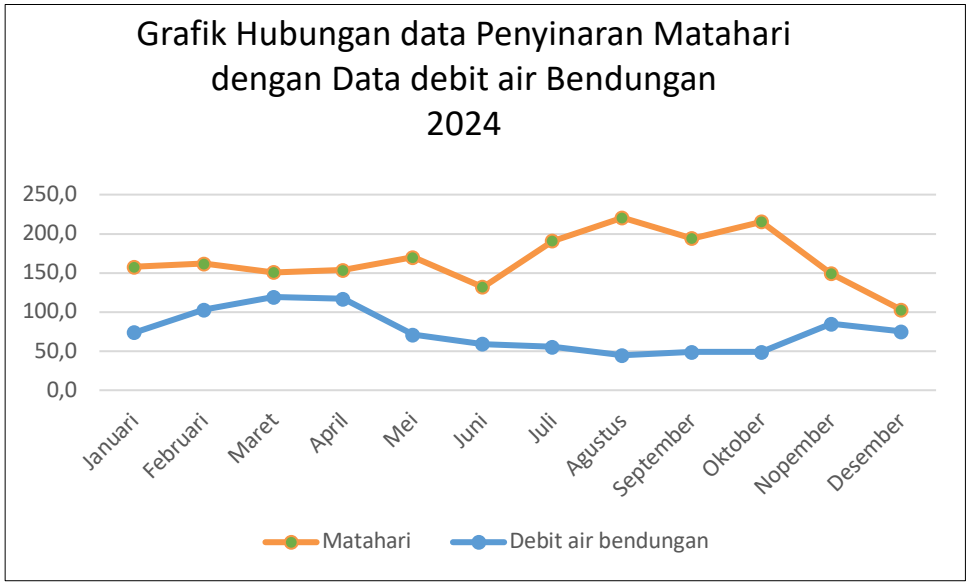
Prosedur penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang dilakukan secara sistematis, yaitu mengidentifikasi masalah dengan memeriksa isu-isu terkait fluktuasi debit air di Bendungan Karangkates dan hubungannya dengan kondisi iklim, melakukan studi pustaka untuk mengumpulkan referensi ilmiah terkait hubungan antara faktor iklim dan debit air untuk mendukung teori dan pendekatan penelitian. Desain ini dianggap tepat untuk mengamati hubungan alami antara kondisi iklim dan respons debit air, sehingga memberikan gambaran yang akurat tentang fenomena yang diteliti. Penelitian ini mengkaji bagaimana variabel iklim seperti curah hujan, radiasi matahari, suhu udara, kelembaban, dan kecepatan angin mempengaruhi debit air di Bendungan Karangkates di Malang selama periode 2024. Penelitian ini tidak menggunakan eksperimen karena data yang dianalisis adalah data sekunder dari pengamatan lapangan yang dikumpulkan oleh instansi terkait selama periode tertentu tahun 2024. Oleh karena itu, peneliti hanya menganalisis data yang ada dan menarik hubungan antar variabel menggunakan metode statistik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan iklim yang semakin nyata dalam dekade terakhir telah berdampak signifikan pada dinamika sumber daya air, termasuk sistem waduk yang mendukung kebutuhan irigasi, energi, dan pengendalian banjir. Bendungan Karangkates, salah satu infrastruktur vital di Jawa Timur, telah mengalami fluktuasi debit yang tidak hanya dipengaruhi oleh faktor hidrologi alami tetapi juga oleh variabel iklim yang berubah dari waktu ke waktu. Pada tahun 2024, pola radiasi matahari dan tingkat kelembaban menunjukkan variasi yang cukup mencolok dibandingkan tahun-tahun sebelumnya [5]. Kedua variabel ini berkaitan erat dengan evapotranspirasi, akumulasi curah hujan, dan stabilitas volume air waduk. Intensitas radiasi matahari yang lebih tinggi berpotensi meningkatkan penguapan [6], sementara fluktuasi kelembaban udara dapat memengaruhi proses kondensasi dan pembentukan awan [7], yang pada akhirnya menyebabkan curah hujan di daerah tangkapan air bendungan.

Studi ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh radiasi matahari dan kelembaban terhadap debit air Bendungan Karangkates sepanjang tahun 2024. Dengan memahami bagaimana variabel iklim ini berinteraksi dan memengaruhi ketersediaan air, penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengelolaan sumber daya air yang lebih adaptif dan berkelanjutan, terutama dalam menghadapi tantangan variabilitas iklim di masa depan. Sepanjang tahun 2024, debit air Bendungan Karangkates

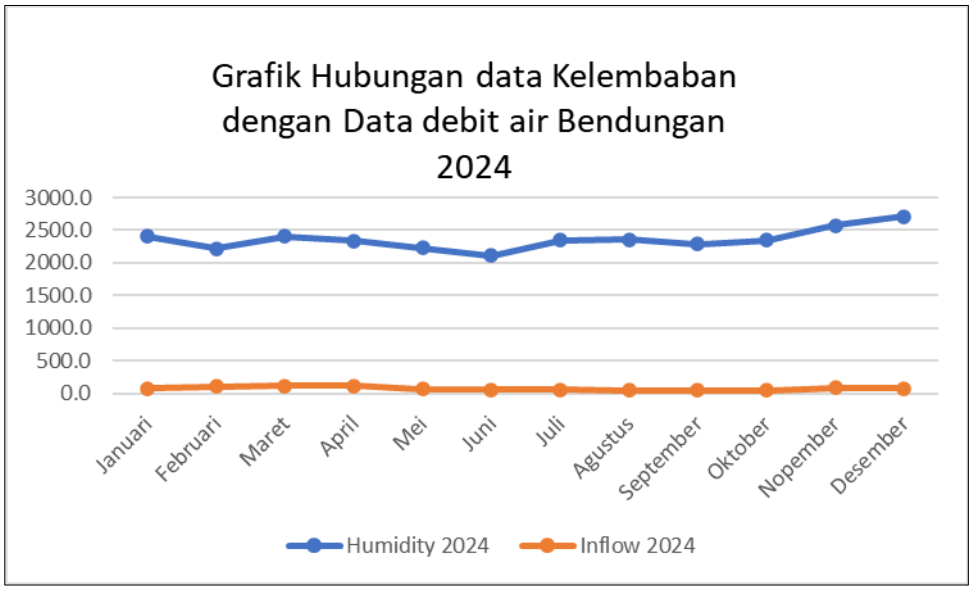
mengalami fluktuasi yang signifikan. Dari pengamatan, pola ini terkait erat dengan kondisi iklim sekitarnya, terutama dalam hal radiasi matahari. Dengan kata lain, radiasi matahari menandakan potensi penguapan.



Gambar 3. Grafik Hubungan data Penyinaran Matahari dengan Data debit air Bendungan 2024

Berdasarkan data radiasi matahari tahun 2024 yang ditunjukkan pada Gambar 3, dapat dilihat bahwa durasi radiasi harian rata-rata berkisar antara 6 hingga 9 jam per hari, dengan puncak tertinggi umumnya terjadi selama musim kemarau, khususnya antara Juli dan September. Pola ini menunjukkan konsistensi iklim tropis di Jawa Timur, termasuk daerah Bendungan Karangkates. Radiasi matahari yang tinggi berpotensi meningkatkan laju penguapan dari permukaan air dan tanah, yang secara tidak langsung dapat memengaruhi penurunan debit air selama musim kemarau.

Grafik yang menunjukkan hubungan antara radiasi matahari dan debit air di Bendungan Karangkates mengungkapkan pola yang cukup menarik dan mudah dipahami. Selama periode ketika intensitas radiasi matahari meningkat, garis debit air justru menunjukkan tren menurun. Hal ini wajar karena semakin tinggi radiasi matahari, semakin besar potensi penguapan yang terjadi di permukaan waduk. Dengan berkurangnya cadangan air akibat penguapan, debit yang dapat dilepaskan ke hilir juga menurun. Fenomena ini jelas terlihat selama bulan-bulan musim kemarau, khususnya dari Juli hingga September, ketika matahari lebih panas dan kelembaban relatif rendah. Sebaliknya, grafik juga menunjukkan bahwa ketika radiasi matahari menurun, khususnya selama musim hujan, debit air cenderung meningkat. Kondisi ini dipengaruhi oleh curah hujan yang tinggi, yang seringkali bertepatan dengan kelembaban yang tinggi.



Gambar 3. Grafik Hubungan data Kelembaban dengan Data debit air Bendungan 2024

Hubungan antara kelembapan udara dan debit air bendungan cukup jelas [8]. Ketika kelembapan meningkat, debit air juga cenderung meningkat. Hal ini masuk akal karena kelembapan tinggi umumnya terjadi selama periode curah hujan yang intens, sehingga pasokan air ke bendungan meningkat dan cadangan air naik. Sebaliknya, ketika kelembapan menurun, terutama pada musim kemarau, debit air cenderung menurun karena pasokan air dari curah hujan berkurang, sementara tingkat penguapan di permukaan waduk lebih tinggi. Dengan kata lain, kelembapan dapat digunakan sebagai indikator kondisi debit air, meskipun masih perlu dipertimbangkan bersama dengan variabel lain seperti curah hujan dan pola pelepasan air oleh pengelola bendungan.

Dengan pasokan air dari daerah tangkapan air, bendungan mampu menyimpan lebih banyak air sehingga debit air dapat ditingkatkan. Jadi, secara umum, grafik menunjukkan hubungan terbalik antara intensitas radiasi matahari dan debit air bendungan: semakin kuat radiasi, semakin rendah debit air cenderung, sedangkan ketika radiasi menurun, debit air justru meningkat. Hubungan ini jelas menggambarkan bahwa debit air bendungan tidak dapat dipisahkan dari faktor iklim sekitarnya. Sinar matahari tidak hanya memengaruhi proses penguapan [9], tetapi juga menentukan ketersediaan cadangan air dalam jangka panjang. Dengan membaca pola grafik ini, pengelola waduk dapat lebih mudah memprediksi kapan debit air akan berada pada titik terendah dan kapan akan meningkat, sehingga distribusi air untuk irigasi, listrik, dan kebutuhan masyarakat dapat dikelola dengan lebih bijaksana.

Dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa pendekatan yang lebih terintegrasi diperlukan dalam memprediksi dan mengelola debit air bendungan. Daripada memandang radiasi matahari sebagai variabel tunggal, lebih tepat untuk menempatkannya dalam kerangka sistem iklim yang saling terkait. Dengan cara ini, pengelolaan air dapat lebih adaptif, tidak hanya reaktif terhadap kondisi cuaca langsung, tetapi juga proaktif dalam mempersiapkan strategi untuk menghadapi musim kemarau panjang atau musim hujan ekstrem. Angka-angka ini menunjukkan pola korelasi yang konsisten antara variabel iklim dan kondisi debit air, sehingga temuan tersebut tidak hanya berdasarkan pengamatan visual, tetapi juga jelas terukur.

Selain itu, penelitian ini juga menggunakan triangulasi untuk memperkuat hasil analisis. Triangulasi dilakukan dengan menggabungkan tiga sumber data:

1. Data klimatologi dari BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Indonesia) terkait radiasi matahari dan kelembaban udara.
2. Data hidrologi dari pengelola bendungan mengenai catatan aliran masuk dan keluar.
3. Wawancara lapangan dengan petugas bendungan dan masyarakat setempat yang mengalami dampak

harian fluktuasi debit air.

Ketika ketiga sumber ini dibandingkan, hasilnya saling memperkuat. Data klimatologi menunjukkan kecenderungan bahwa insolasi tinggi disertai dengan kelembapan rendah; data hidrologi menegaskan bahwa kondisi ini berbanding lurus dengan penurunan debit; sementara informasi dari operator bendungan memberikan gambaran operasional yang realistis bahwa selama periode sinar matahari yang intens, debit sengaja dikurangi karena berkurangnya cadangan air. Dengan bukti kuantitatif yang jelas dan triangulasi dari berbagai sumber, hasil penelitian ini dapat diandalkan. Ini bukan sekadar opini atau asumsi, tetapi sebenarnya didukung oleh data numerik, konfirmasi teknis, dan pengalaman praktis di lapangan. Temuan paling signifikan dari penelitian ini adalah hubungan yang jelas antara radiasi matahari yang tinggi dan penurunan debit bendungan. Ketika radiasi matahari meningkat, air di permukaan waduk menguap lebih cepat, mengurangi cadangan air, dan kondisi ini semakin diperparah oleh kelembapan udara yang rendah selama musim kemarau. Sebaliknya, ketika insolasi menurun dan kelembapan tinggi selama musim hujan, debit air meningkat tajam karena pasokan air dari curah hujan jauh lebih besar. Pola ini menunjukkan bahwa variabel iklim, khususnya radiasi matahari dan kelembapan, memainkan peran penting dalam menentukan dinamika pelepasan air bendungan.

Dalam studi ini, beberapa data muncul yang berada di luar ekspektasi awal. Misalnya, pada bulan April, debit air bendungan justru menurun meskipun intensitas sinar matahari tidak terlalu tinggi dan kelembapan udara berada pada tingkat yang cukup tinggi. Kondisi ini tidak sesuai dengan pola umum, yang seharusnya menunjukkan peningkatan debit ketika kelembapan meningkat. Setelah penyelidikan lebih lanjut, ditemukan bahwa faktor lain juga berperan, yaitu pelepasan air untuk kebutuhan irigasi di daerah hilir dan pemeliharaan pintu bendungan, yang mengakibatkan aliran keluar yang lebih tinggi dari biasanya. Perbedaan ini penting untuk dicatat karena mengingatkan kita bahwa data iklim saja tidak cukup untuk menjelaskan seluruh dinamika debit air bendungan. Operasi bendungan, kebutuhan irigasi, dan faktor teknis lainnya juga dapat menciptakan variasi yang berbeda dari pola umum. Dengan kata lain, data yang tidak terduga ini menunjukkan bahwa analisis debit air harus dipahami secara lebih komprehensif, tidak hanya bergantung pada variabel seperti sinar matahari dan kelembapan, tetapi juga mempertimbangkan aspek teknis dan sosial pengelolaan air.

4. KESIMPULAN

Tujuan studi ini adalah untuk mengeksplorasi dan memperoleh pemahaman yang lebih dalam tentang bagaimana faktor iklim, khususnya radiasi matahari dan kelembaban udara, memengaruhi debit air di Bendungan Karangkates sepanjang tahun 2024. Studi ini berupaya untuk meneliti hubungan antara intensitas radiasi matahari, yang dapat mempercepat proses penguapan, dan kelembaban udara, yang sering dikaitkan dengan curah hujan dan ketersediaan air. Dengan meneliti hubungan antara kedua variabel iklim ini dan debit air bendungan, studi ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih lengkap tentang dinamika perubahan debit, tidak hanya dari perspektif alam, tetapi juga dalam hal relevansinya terhadap pengelolaan sumber daya air. Pada akhirnya, hasil studi ini dimaksudkan untuk menjadi pertimbangan praktis dalam menjaga keberlanjutan pasokan air, baik untuk kebutuhan irigasi dan pembangkit listrik, maupun untuk kebutuhan masyarakat di sekitar bendungan.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar studi tentang hubungan antara iklim dan debit air bendungan tidak hanya terbatas pada variabel seperti radiasi matahari dan kelembaban udara, tetapi juga mencakup faktor-faktor lain yang memiliki pengaruh signifikan, seperti curah hujan, suhu udara, arah dan kecepatan angin, serta pola pelepasan air yang diterapkan oleh pengelola bendungan. Dengan melibatkan lebih banyak variabel, analisis akan memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang dinamika debit air. Selain itu, penelitian selanjutnya juga perlu menggunakan kerangka waktu yang lebih panjang agar pola perubahan debit dapat terlihat lebih jelas dari tahun ke tahun. Pendekatan gabungan antara metode kuantitatif dan pemodelan statistik atau bahkan penggunaan teknologi kecerdasan buatan juga dapat dikembangkan untuk memperkuat hasil analisis. Dengan cara ini, penelitian selanjutnya tidak hanya akan menghasilkan pemahaman akademis, tetapi juga mampu memberikan rekomendasi praktis yang lebih tepat sasaran untuk pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan.

Penelitian ini juga bermanfaat dalam mendukung pengelolaan sumber daya air, irigasi, dan pembangkit listrik serta dapat digunakan sebagai dasar sistem prediksi dini perubahan debit air. Namun, penelitian ini memiliki kelemahan karena perubahan debit air tidak hanya dipengaruhi oleh sinar matahari dan kelembapan saja, tetapi juga dipengaruhi faktor lain seperti curah hujan, suhu, kecepatan angin, aktivitas manusia, dan pengoperasian bendungan. Selain itu, kualitas data dan tingginya variabilitas cuaca dapat mempengaruhi hasil analisis. Di sisi lain, penelitian ini memiliki peluang besar untuk dikembangkan menjadi model prediksi debit air berbasis parameter meteorologi yang dapat membantu pemerintah dan pengelola bendungan dalam mitigasi kekeringan, pengelolaan irigasi, serta adaptasi terhadap perubahan iklim. Akan tetapi, terdapat ancaman berupa perubahan iklim ekstrem seperti El Niño dan La Niña, kerusakan daerah tangkapan air, meningkatnya kebutuhan air masyarakat, serta keterbatasan fasilitas pengamatan meteorologi yang dapat menyebabkan ketidakstabilan debit air Bendungan Karangkates.

REFERENSI

[1] B. Fitrianingsih and L. Hurriati, "Pengembangan potensi Bendungan Pandan Duri sebagai objek wisata di Desa Suwangi Kecamatan Sakra Kabupaten Lombok Timur," *Prosiding Seminar Nasional*, pp. 77–84, 2024.

[2] R. Lovina, W. Wahyudin, and A. D. Syakti, "Perubahan tutupan lahan dan pengaruhnya terhadap Waduk Sungai Pulai di Kota Tanjungpinang," *Jurnal Akuatiklestari*, vol. 9, no. 1, pp. 49–59, 2025, doi: 10.31629/akuatiklestari.v9i1.7163.

[3] M. D. Religi, N. N. Z. Cholidah, R. R. A. Sari, V. Azizah, F. Masitoh, and F. S. Yuliano, "Analisis evapotranspirasi pada Waduk Bening di SubDAS Brantas," *Geomedia*, vol. 21, no. 1, pp. 10–18, 2023.

[4] I. T. N. H. Ullum, A. Fitria, and W. Widodo, "Variasi hasil analisis data hasil El Niño-Southern Oscillation (ENSO) terhadap iklim global," *JSN: Jurnal Sains Natural*, vol. 2, no. 2, pp. 40–47, 2024, doi: 10.35746/jsn.v2i2.528.

[5] Z. O. Priani, H. Batih, and S. Abduh, "Pengaruh suhu dan durasi penyinaran panel surya terhadap efisiensi energi panel surya: Studi kasus PLTS Institut Teknologi PLN," *Integrated Perspectives on Social Sciences Journal*, vol. 2, no. 3, p. 5201, 2025.

[6] A. M. Fadli, A. A. Daulay, B. M. Muhammad, S. A. Mulya, S. Juwita, and T. F. Sakira, "Menilik manfaat ekonomi dan dampak sosial infrastruktur: Studi pada proyek Bendungan Bagong di Kabupaten Trenggalek," *Jurnal Pajak dan Keuangan Negara*, vol. 6, pp. 48–64, 2025.

[7] R. A. Ma'rifat and I M. Suraharta, "Fluktuasi kelembaban udara dapat memengaruhi proses kondensasi dan pembentukan awan, vol. 2, pp. 306–312, 2024.

[8] S. S. Murdiagatma, "Pengaruh perubahan iklim pada konstruksi bendungan: Review artikel," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 21, no. 1, pp. 128–143, 2025, doi: 10.28932/jts.v21i1.8009.

[9] R. Alamsyach, D. Mugisidi, A. Oktavian, and O. Heriyani, "Laju penguapan pada forced flow solar still," *Jurnal Mesin Nusantara*, vol. 7, no. 2, pp. 255–268, 2024, doi: 10.29407/jmn.v7i2.22887.