PENGARUH KETIDAKSTABILAN DEBIT AIR DAN CURAH HUJAN TERHADAP DAYA OUTPUT PADA PLTA POSO ENERGY

Rahmat Fauzi[1], Yusnaiani Arifin[2], Nurhani Amin[3]*
[123]Teknik Elektro, Universitas Tadulako, Palu, Sulawesi Tengah, Indonesia
Correspondent Author : nurhaniamin@gmail.com

***Abstract* — The Poso Energy Hydroelectric Power Plant (HEPP) plays an important role in electricity supply in Central Sulawesi, yet its performance is vulnerable to instability in water discharge and rainfall, which may disrupt the stability of its power output. This study aims to analyze the effect of water discharge and rainfall on power output and to obtain an estimation model. A quantitative descriptive approach was employed using secondary monthly operational data of PT Poso Energy from September 2022 to September 2025, totaling 36 samples consisting of water discharge (X_1), average watershed rainfall derived from the Thiessen Polygon Method (X_2), and power output (Y). Data were analyzed using multiple linear regression with IBM SPSS Statistics. The results yield the regression equation $Y = 48.289 + 1.161X_1 - 0.007X_2$. The partial test (t-test) indicates that water discharge has a positive and significant effect on power output (t = 9.355; sig. = 0.000), whereas average watershed rainfall shows no significant effect (t = −0.160; sig. = 0.874). The simultaneous test (F-test) shows that both variables jointly have a significant effect on power output (F = 58.745; sig. = 0.000), with a coefficient of determination (R^2) of 0.781 (78.1%). Water discharge is confirmed as the dominant factor determining the power output of the Poso Energy HEPP, while rainfall exerts an indirect effect through its influence on water availability in the catchment area.**

Keyword — Water discharge, Rainfall, Hydroelectric Power Output, Multiple Linear Regression, Coefficient of Determination.

Abstrak — Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Poso Energy merupakan salah satu pembangkit energi terbarukan yang berperan penting dalam penyediaan tenaga listrik di Sulawesi Tengah, namun kinerjanya rentan terhadap fluktuasi debit air dan curah hujan yang berpotensi menyebabkan daya output tidak stabil. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh debit air dan curah hujan rata-rata Daerah Aliran Sungai (DAS) terhadap daya output serta merumuskan model estimasinya. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan data sekunder operasional bulanan periode September 2022–September 2025 di PT Poso Energy, Kabupaten Poso, Sulawesi Tengah. Sebanyak 36 data bulanan debit air (X1) dan curah hujan rata-rata DAS (X2, hasil pembobotan metode Polygon Thiessen) dianalisis terhadap daya output (Y) menggunakan regresi linear berganda berbantuan IBM SPSS Statistics. Hasil analisis menunjukkan persamaan regresi Y = 48,289 + 1,161X1 − 0,007X2. Uji parsial (uji t) membuktikan debit air berpengaruh positif dan signifikan terhadap daya output (t = 9,355; p = 0,000), sedangkan curah hujan rata-rata DAS tidak berpengaruh signifikan (t = −0,160; p = 0,874). Uji simultan (uji F) menunjukkan kedua variabel secara bersama-sama berpengaruh signifikan (F = 58,745; p = 0,000), dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,781 yang berarti 78,1% variasi daya output dijelaskan oleh model, sedangkan 21,9% dipengaruhi faktor lain di luar penelitian. Temuan ini menegaskan bahwa debit air merupakan determinan utama daya output PLTA Poso Energy, sedangkan curah hujan berperan tidak langsung melalui ketersediaan air.

Kata kunci — Debit Air, Curah Hujan, Daya Output PLTA, Regresi Linear Berganda, Koefisien Determinasi.

I. Pendahuluan

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) merupakan salah satu sumber energi baru terbarukan yang memiliki peran strategis dalam mendukung ketahanan energi nasional karena mampu menghasilkan energi listrik dengan emisi karbon yang relatif rendah serta memanfaatkan sumber daya air yang tersedia secara berkelanjutan. Dalam sistem pembangkitan tenaga air, besarnya energi listrik yang dihasilkan dipengaruhi oleh kondisi hidrologi, terutama ketersediaan debit air yang menggerakkan turbin. Oleh karena itu, kontinuitas pasokan air menjadi faktor penting dalam menjaga keandalan operasi pembangkit dan kestabilan daya listrik yang dihasilkan.

PLTA Poso Energy merupakan salah satu pembangkit listrik tenaga air berkapasitas besar di Sulawesi Tengah yang memanfaatkan aliran Sungai Poso sebagai sumber energi utama. Sebagai pembangkit yang bergantung pada kondisi hidrologi, performa operasional PLTA Poso Energy sangat dipengaruhi oleh perubahan debit air yang terjadi sepanjang tahun. Variasi debit air tersebut erat kaitannya dengan perubahan intensitas curah hujan pada daerah aliran sungai (DAS), sehingga fluktuasi kedua parameter tersebut berpotensi memengaruhi kestabilan daya output pembangkit [1][2].

Pada musim kemarau, penurunan debit air menyebabkan energi potensial yang tersedia untuk menggerakkan turbin berkurang sehingga daya output pembangkit mengalami penurunan. Sebaliknya, curah hujan yang tinggi pada musim penghujan dapat meningkatkan debit air secara signifikan dalam waktu singkat. Kondisi tersebut tidak selalu meningkatkan produksi listrik secara optimal karena keterbatasan kapasitas bendungan, saluran air, maupun turbin sering kali mengharuskan operator melakukan pelepasan air (spillway) demi menjaga keamanan operasi pembangkit. Dengan demikian, baik kekurangan maupun kelebihan debit air sama-sama dapat memengaruhi stabilitas produksi energi listrik pada PLTA [3][4].

Sejumlah penelitian terdahulu menunjukkan bahwa debit air memiliki hubungan yang erat dengan daya listrik yang dihasilkan oleh PLTA, sedangkan curah hujan berpengaruh secara tidak langsung melalui perubahan kondisi hidrologi pada daerah tangkapan air. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada analisis hubungan antara satu variabel hidrologi dengan produksi energi listrik atau hanya melakukan evaluasi operasional pembangkit tanpa mengkaji pengaruh simultan debit air dan curah hujan terhadap daya output menggunakan pendekatan statistik

kuantitatif. Selain itu, penelitian yang secara khusus menggunakan data operasional PLTA Poso Energy masih relatif terbatas sehingga karakteristik hubungan kedua variabel tersebut terhadap daya output belum banyak dikaji secara empiris.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini memiliki kebaruan pada penggunaan data historis operasional PLTA Poso Energy selama periode September 2022 hingga September 2025 untuk menganalisis pengaruh debit air dan curah hujan secara simultan terhadap daya output menggunakan analisis regresi linear berganda dengan bantuan IBM SPSS Statistics. Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan gambaran kuantitatif mengenai besarnya kontribusi masing-masing variabel terhadap perubahan daya output sekaligus menghasilkan model estimasi daya yang dapat dimanfaatkan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam pengelolaan operasi pembangkit.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh debit air dan curah hujan terhadap daya output PLTA Poso Energy serta membangun model estimasi daya output berdasarkan perubahan kedua variabel tersebut. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan kajian di bidang Teknik Elektro, khususnya pada sistem pembangkitan tenaga air, serta menjadi bahan pertimbangan dalam pengelolaan operasi pembangkit guna meningkatkan keandalan dan efisiensi produksi energi listrik.

Energi terbarukan adalah sumber energi yang berasal dari proses alam yang dapat diperbarui secara berkelanjutan, seperti energi surya, angin, air, biomassa, dan panas bumi. Pemanfaatannya menjadi salah satu strategi utama untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil sekaligus menekan emisi gas rumah kaca dalam upaya mitigasi perubahan iklim [5][6]. Di antara berbagai sumber energi terbarukan, tenaga air melalui PLTA tercatat sebagai kontributor terbesar pembangkitan listrik dari energi terbarukan secara global [5][1].

PLTA menghasilkan listrik melalui konversi energi potensial air yang tertampung di bendungan menjadi energi kinetik saat air mengalir melalui pipa pesat (penstock), kemudian diubah menjadi energi mekanik oleh turbin dan energi listrik oleh generator. Rangkaian konversi ini dapat diringkas sebagai energi potensial → energi kinetik → energi mekanik → energi listrik [7][1]. Komponen utama sistem PLTA meliputi bendungan sebagai penampung energi potensial air [8][9], intake yang mengarahkan aliran air menuju penstock sekaligus menyaring material asing [10], penstock yang menyalurkan air bertekanan menuju turbin, turbin yang mengonversi energi air menjadi energi mekanik, serta generator dan transformator yang menghasilkan dan menyalurkan energi listrik ke jaringan [7]. Efisiensi keseluruhan sistem sangat bergantung pada stabilitas debit air dan tinggi jatuh air (head), sehingga variasi debit akibat perubahan curah hujan berpotensi menurunkan performa turbin dan daya yang dihasilkan.

Debit air adalah volume air yang melewati suatu titik dalam sistem sungai per satuan waktu, umumnya dinyatakan dalam meter kubik per detik (m3/s). Dalam konteks PLTA, kestabilan debit air menjadi prasyarat penting bagi kontinuitas dan efisiensi produksi listrik [1]. Curah hujan, di sisi lain, merupakan jumlah air hujan yang jatuh pada suatu wilayah dalam periode tertentu (mm) dan menjadi salah satu faktor yang memengaruhi ketersediaan debit air pada sistem PLTA; perubahan curah hujan akan berdampak pada perubahan debit sungai yang pada akhirnya memengaruhi daya output pembangkit [11][12].

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah wilayah daratan yang secara topografis dibatasi oleh batas alami sehingga seluruh air hujan yang jatuh di dalamnya terkumpul menuju satu titik keluaran (outlet). Karakteristik DAS—luas wilayah, topografi, penggunaan lahan, dan jaringan aliran—memengaruhi respons hidrologi serta besarnya ketersediaan sumber daya air [13]. Karena distribusi curah hujan pada suatu DAS umumnya tidak seragam, pengamatan curah hujan dilakukan melalui beberapa stasiun hujan yang mewakili kondisi hidrologi wilayah tersebut. Pada penelitian ini, DAS yang menjadi sumber pasokan air bagi PLTA Poso Energy terdiri atas lima catchment area yang dipantau melalui stasiun hujan Tentena, Salukaia, Panjo, Mayoa, dan Tindoli, yang seluruhnya bermuara ke Danau Poso sebagai badan air utama [14].

Curah hujan rata-rata DAS merupakan nilai representatif curah hujan pada seluruh wilayah tangkapan air, yang diperoleh melalui pengolahan data dari beberapa stasiun hujan agar lebih mencerminkan kondisi hidrologi dibandingkan penggunaan data satu stasiun saja [13][15]. Metode Polygon Thiessen digunakan untuk menghitung nilai tersebut berdasarkan pembobotan luas daerah pengaruh setiap stasiun hujan, dengan persamaan:

dengan R′ adalah curah hujan rata-rata wilayah (mm), Ri curah hujan stasiun ke-i (mm), Wi bobot luas wilayah stasiun ke-i (%), dan n jumlah stasiun. Semakin besar luas pengaruh suatu stasiun, semakin besar pula kontribusinya terhadap nilai curah hujan rata-rata DAS, sehingga metode ini menghasilkan estimasi yang lebih representatif dibandingkan rata-rata aritmatika sederhana, khususnya pada wilayah dengan distribusi stasiun yang tidak merata [13][15].

Daya output adalah besarnya energi listrik yang dihasilkan pembangkit per satuan waktu, dinyatakan dalam megawatt (MW), dan menjadi indikator utama evaluasi kinerja operasional PLTA. Secara matematis, daya output dirumuskan sebagai:

$$P = \rho \times g \times Q \times H \times \eta$$

dengan ρ adalah massa jenis air (997 kg/m3), g percepatan gravitasi (9,8 m/s2), Q debit air (m3/s), H tinggi jatuh air/head (m), dan η konstanta efisiensi turbin. Persamaan ini menunjukkan bahwa pada kondisi head dan efisiensi yang relatif konstan, daya output berbanding lurus dengan debit air, sehingga kestabilan debit menjadi faktor penentu utama kontinuitas produksi listrik [1]. Curah hujan berperan sebagai sumber utama ketersediaan air pada DAS yang selanjutnya menentukan besarnya debit sungai; dengan demikian, hubungan ketiga variabel bersifat berjenja

curah hujan memengaruhi debit air, dan debit air memengaruhi daya output PLTA.

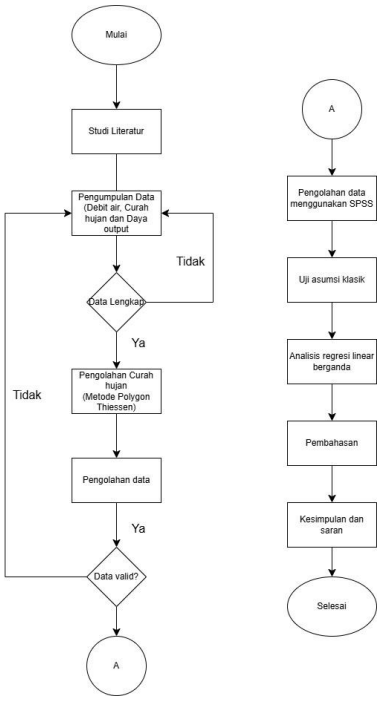
II. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk menggambarkan secara sistematis dan objektif pengaruh debit air dan curah hujan terhadap daya output PLTA [17]. Penelitian dilaksanakan di PT Poso Energy, Kabupaten Poso, Sulawesi Tengah. Populasi penelitian meliputi seluruh data operasional bulanan debit air, curah hujan rata-rata DAS, dan daya output selama periode September 2022–September 2025, yang bersumber dari logsheet operasional perusahaan. Sampel ditentukan melalui teknik purposive sampling berdasarkan kelengkapan dan konsistensi data selama periode penelitian, sehingga diperoleh 36 data bulanan sebagai unit analisis.

Penelitian ini melibatkan dua variabel bebas, yaitu debit air (X1, m3/s) dan curah hujan rata-rata DAS (X2, mm) yang diperoleh melalui pembobotan lima stasiun hujan menggunakan metode Polygon Thiessen, serta satu variabel terikat, yaitu daya output (Y, MW). Data debit air dan daya output diperoleh langsung dari logsheet operasional, sedangkan data curah hujan merupakan hasil olahan curah hujan rata-rata DAS yang telah dihitung oleh PT Poso Energy.

Prosedur penelitian meliputi studi literatur, pengumpulan data sekunder, pengolahan curah hujan wilayah dengan metode Polygon Thiessen, penyusunan data bulanan, analisis statistik, dan penarikan kesimpulan. Analisis data dilakukan menggunakan IBM SPSS Statistics melalui empat tahap, yaitu (1) statistik deskriptif untuk memperoleh nilai minimum, maksimum, rata-rata, dan standar deviasi tiap variabel; (2) uji asumsi klasik yang meliputi uji normalitas (Kolmogorov-Smirnov dan Normal P-P Plot), uji multikolinearitas (nilai Tolerance dan VIF), uji heteroskedastisitas (grafik Scatterplot dan uji Glejser), serta uji autokorelasi (Durbin-Watson); (3) analisis regresi linear berganda untuk memperoleh persamaan estimasi daya output; dan (4) pengujian hipotesis melalui uji t, uji F, serta koefisien determinasi (R^2) [16].

A. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

III. Hasil dan Pembahasan

D. Statistik Deskriptif

TABEL I
STATISTIK DESKRIPTIF VARIABEL PENELITIAN

Variabel	N	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Std. Deviasi
Debit Air	36	68,7	265,9	137,847	42,208
Curah Hujan Rata-rata DA	36	44,7	512,6	190,858	121,255
Daya Output	36	97,8	334,3	207,039	54,985

Rentang debit air yang lebar (68,7–265,9 m3/s) mengindikasikan fluktuasi hidrologi yang cukup signifikan selama periode pengamatan, sejalan dengan variasi curah hujan yang juga tinggi (44,7–512,6 mm). Sebaran daya output turut mengikuti pola tersebut, dengan nilai rata-rata 207,04 MW dan simpangan baku 54,99 MW, yang mengindikasikan bahwa ketidakstabilan hidrologi turut tercermin pada variabilitas daya yang dibangkitkan.

A. Pengolahan Curah Hujan Rata-rata DAS

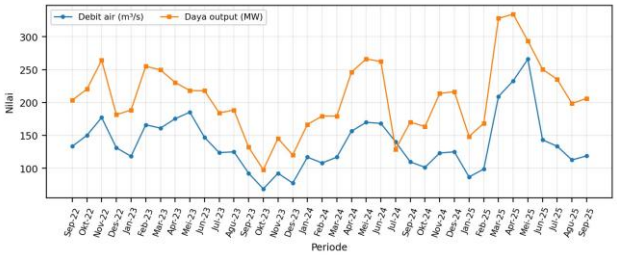
Curah hujan rata-rata DAS Danau Poso dihitung menggunakan metode Polygon Thiessen berdasarkan lima stasiun pengamatan, yaitu Tentena, Salukaia, Panjo, Mayoa, dan Tindoli. Setiap stasiun diberi bobot sesuai luas daerah pengaruhnya sehingga nilai curah hujan wilayah tidak hanya ditentukan oleh rata-rata aritmatika sederhana. Hasil

pembobotan menunjukkan luas DAS yang digunakan sebesar 1.754,6 km². Stasiun Salukaia memiliki daerah pengaruh terbesar, sedangkan Tentena memiliki daerah pengaruh terkecil.

Bobot terbesar terdapat pada Stasiun Salukaia sebesar 30,1%, diikuti Panjo 26,0%, Mayoa 21,3%, Tindoli 13,8%, dan Tentena 8,7%. Sebagai contoh perhitungan September 2022, pembobotan curah hujan kelima stasiun menghasilkan curah hujan rata-rata DAS sebesar 74,9 mm. Nilai hasil pengolahan inilah yang selanjutnya digunakan sebagai variabel curah hujan rata-rata DAS (X2) dalam analisis regresi.

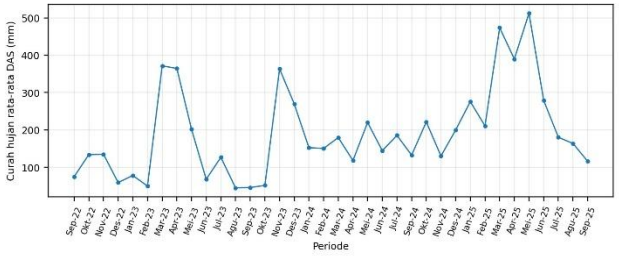
B. Variasi Debit Air, Curah Hujan, dan Daya Output

Data bulanan periode September 2022 sampai September 2025 memperlihatkan perubahan debit air, curah hujan, dan daya output dari waktu ke waktu. Penyajian secara runtut diperlukan untuk memperlihatkan bentuk ketidakstabilan yang menjadi fokus penelitian, bukan hanya rentang minimum dan maksimum.



Gambar 2. Variasi debit air dan daya output periode September 2022–September 2025.

Gambar 2 menunjukkan bahwa perubahan daya output secara umum mengikuti perubahan debit air. Pada saat debit air menurun, daya output cenderung ikut menurun, sedangkan peningkatan debit air umumnya diikuti peningkatan daya output. Data penelitian menunjukkan debit minimum 68,7 m³/s dengan daya output 97,8 MW pada Oktober 2023, sedangkan pada periode dengan debit yang lebih tinggi daya output juga meningkat. Pola ini mendukung hasil regresi yang menunjukkan debit air sebagai variabel yang berpengaruh signifikan terhadap daya output.

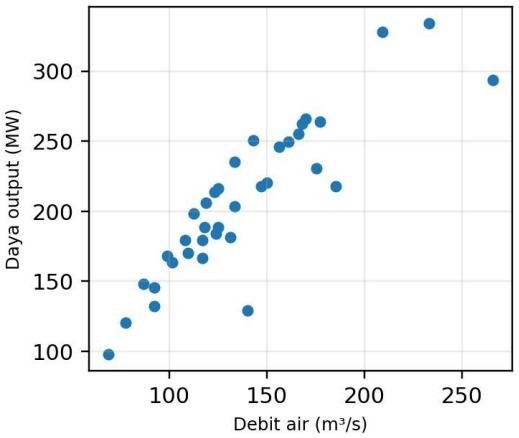


Gambar 3. Variasi curah hujan rata-rata DAS periode September 2022–September 2025.

Berbeda dengan debit air, fluktuasi curah hujan pada Gambar 3 tidak selalu diikuti perubahan daya output pada bulan yang sama. Curah hujan rata-rata DAS memiliki rentang 44,7–512,6 mm, tetapi perubahan yang besar tersebut tidak menunjukkan hubungan langsung yang konsisten dengan daya pembangkit. Kondisi ini sesuai dengan hasil uji parsial yang menunjukkan bahwa curah hujan rata-rata DAS tidak berpengaruh signifikan secara langsung terhadap daya output.

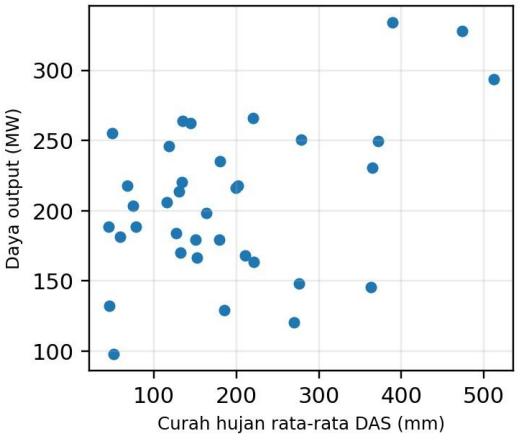
C. Pola Hubungan Variabel Hidrologi dengan Daya Output

Untuk memperjelas perbedaan karakter hubungan kedua variabel bebas terhadap daya output, data 36 bulan juga disajikan dalam diagram pencar. Diagram ini digunakan sebagai visualisasi pendukung hasil regresi linear berganda.



Gambar 4. Hubungan debit air dengan daya output.

Sebaran titik pada Gambar 4 memperlihatkan kecenderungan hubungan positif antara debit air dan daya output. Secara statistik, kecenderungan tersebut dikonfirmasi oleh koefisien regresi debit air sebesar 1,161 dan hasil uji t sebesar 9,355 dengan signifikansi 0,000. Dengan asumsi curah hujan tetap, setiap peningkatan debit air 1 m³/s berasosiasi dengan peningkatan daya output sekitar 1,161 MW.



Gambar 5. Hubungan curah hujan rata-rata DAS dengan daya output.

Sebaran titik pada Gambar 5 tampak lebih menyebar dibandingkan hubungan debit air dengan daya output. Hasil ini sejalan dengan koefisien regresi curah hujan sebesar -0,007 dan nilai t sebesar -0,160 dengan signifikansi 0,874, sehingga curah hujan rata-rata DAS tidak terbukti berpengaruh langsung secara signifikan terhadap daya output pada periode pengamatan. Curah hujan tetap relevan sebagai faktor hulu karena memengaruhi ketersediaan air pada DAS, tetapi pengaruh tersebut tidak selalu muncul pada daya output dalam bulan yang sama.

Secara kronologis, data juga memperlihatkan beberapa kondisi yang menegaskan perbedaan respons ketiga variabel. Pada Oktober 2023 debit air tercatat 68,7 m³/s dan daya output 97,8 MW, yang merupakan nilai minimum selama periode pengamatan. Sebaliknya, pada Maret–April 2025 debit meningkat menjadi lebih dari 200 m³/s dan daya output berada di atas 327 MW. Sementara itu, curah hujan yang tinggi tidak selalu menghasilkan daya yang tinggi pada bulan yang sama. Temuan deskriptif ini memperkuat alasan perlunya pengujian regresi: debit air menunjukkan keterkaitan yang lebih langsung dengan proses konversi energi pada turbin, sedangkan curah hujan merupakan masukan hidrologi di bagian hulu yang responsnya terhadap debit dan operasi pembangkit dapat terjadi dengan jeda waktu.

E. Uji Asumsi Klasik

TABEL II
RINGKASAN HASIL UJI ASUMSI KLASIK

Jenis Uji	Indikator	Nilai	Kriteria	Kesimpulan
Normalitas	Kolmogorov-Smirnov (Asymp. Sig.)	0,122	> 0,05	Residual berdistribusi normal
Multikolinearitas	Tolerance / VIF	0,732 / 1,366	Tolerance > 0,10; VIF < 10	Tidak terjadi multikolinearitas
Heteroskedastisitas	Uji Glejser (Sig.)	> 0,05 (kedua variabel)	> 0,05	Tidak terjadi heteroskedastisitas
Autokorelasi	Durbin-Watson	1,808	-2 s.d. +2	Tidak terjadi autokorelasi

Seluruh uji asumsi klasik terpenuhi: residual berdistribusi normal, tidak ditemukan gejala multikolinearitas antarvariabel bebas, tidak terjadi heteroskedastisitas, dan tidak terdapat autokorelasi antarresidual. Dengan terpenuhinya keempat asumsi tersebut, model regresi yang dibangun memenuhi syarat Best Linear Unbiased Estimator (BLUE) sehingga layak digunakan untuk pengujian hipotesis lebih lanjut.

F. Regresi Linear Berganda dan Pengujian Hipotesis

Analisis Regresi linear berganda menghasilkan persamaan:

$$Y = 48{,}289 + 1{,}161X1 - 0{,}007X2$$

TABEL III
RINGKASAN HASIL UJI HIPOTESIS

Pengujian	Nilai Statistik	Signifikansi	Interpretasi
Uji t – Debit Air	t = 9,355	0,000	Berpengaruh positif dan signifikan
Uji t – Curah Hujan Rata-rata DAS	t = −0,160	0,874	Tidak berpengaruh signifikan
Uji F (simultan)	F = 58,745	0,000	Kedua variabel signifikan secara bersama-sama
Koefisien Determinasi (R^2)	R^2 = 0,781	R = 0,884	78,1% variasi daya output dijelaskan model

Hasil uji t membuktikan bahwa debit air berpengaruh positif dan signifikan terhadap daya output ($p = 0{,}000 < 0{,}05$), sedangkan curah hujan rata-rata DAS tidak berpengaruh signifikan ($p = 0{,}874 > 0{,}05$). Hasil uji F menunjukkan bahwa kedua variabel secara simultan berpengaruh signifikan terhadap daya output ($p = 0{,}000 < 0{,}05$), yang berarti model regresi yang dibangun secara keseluruhan valid digunakan untuk menjelaskan hubungan antara variabel bebas dan daya output. Nilai R sebesar 0,884 menunjukkan hubungan yang sangat kuat antara debit air dan curah hujan dengan daya output, sementara nilai R^2 sebesar 0,781 menunjukkan bahwa 78,1% variasi daya output dapat dijelaskan oleh kedua variabel tersebut, sedangkan 21,9% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain di luar model, seperti tinggi jatuh air (head), efisiensi turbin dan generator, serta kondisi operasional peralatan.

G. Pembahasan

Dominannya pengaruh debit air terhadap daya output sejalan dengan hubungan fisis yang telah dijelaskan pada persamaan $P = \rho \times g \times Q \times H \times \eta$, di mana daya output berbanding lurus dengan debit air ketika head dan efisiensi relatif konstan. Temuan ini juga konsisten dengan hasil penelitian Gunawan et al. [11] pada PLTA Kracak, Simamora et al. [12] pada PLTM Karo Bumi Energi, dan Sauqi et al. [18] pada PLTA Ir. P. M. Noor, yang seluruhnya menyimpulkan bahwa debit air merupakan determinan utama daya listrik yang dihasilkan, sementara curah hujan tidak memberikan pengaruh langsung yang signifikan.

Tidak signifikannya pengaruh curah hujan rata-rata DAS bukan berarti variabel tersebut tidak relevan dalam sistem pembangkitan. Curah hujan tetap berperan sebagai faktor hulu yang menentukan ketersediaan air pada DAS, yang selanjutnya memengaruhi besarnya debit air yang mengalir menuju turbin. Dengan kata lain, pengaruh curah hujan terhadap daya output bersifat tidak langsung (indirect) dan termediasi oleh debit air, sehingga dalam rentang waktu observasi bulanan, fluktuasi curah hujan belum tentu tercermin secara instan pada perubahan debit maupun daya output, mengingat adanya jeda waktu (lag) hidrologi antara curah hujan dan respons debit sungai.

Implikasi praktis dari temuan ini adalah pentingnya pengelolaan debit air secara optimal sebagai prioritas utama dalam menjaga stabilitas daya output PLTA Poso Energy, mengingat kontribusinya yang dominan dan signifikan. Sementara itu, pemantauan curah hujan pada lima stasiun di DAS Danau Poso tetap diperlukan sebagai indikator dini (early indicator) perubahan ketersediaan air, meskipun pengaruhnya terhadap daya output bersifat tidak langsung. Nilai koefisien determinasi sebesar 78,1% juga mengindikasikan bahwa terdapat ruang bagi penelitian lanjutan untuk memasukkan variabel teknis lain—seperti head dan efisiensi peralatan—guna memperkuat daya jelas model dalam memprediksi daya output pembangkit.

IV. Kesimpulan dan Saran

Penelitian terhadap 36 data operasional bulanan PLTA Poso Energy periode September 2022–September 2025 menghasilkan persamaan regresi $Y = 48{,}289 + 1{,}161X1 - 0{,}007X2$ yang menggambarkan hubungan antara debit air, curah hujan rata-rata DAS, dan daya output. Hasil uji parsial menunjukkan bahwa debit air berpengaruh positif dan signifikan terhadap daya output ($t = 9{,}355$; $p = 0{,}000$), sedangkan curah hujan rata-rata DAS tidak berpengaruh signifikan secara langsung ($t = -0{,}160$; $p = 0{,}874$). Uji simultan membuktikan bahwa kedua variabel secara bersama-sama berpengaruh signifikan terhadap daya output ($F = 58{,}745$; $p = 0{,}000$), dengan koefisien determinasi sebesar 0,781 atau 78,1%. Dengan demikian, tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh debit air dan curah hujan serta memperoleh model estimasi daya output PLTA Poso Energy telah tercapai, dan dapat disimpulkan bahwa debit air merupakan faktor dominan yang menentukan daya output, sedangkan curah hujan berperan tidak langsung melalui pengaruhnya terhadap ketersediaan debit air. Penelitian selanjutnya disarankan menambahkan variabel teknis seperti tinggi jatuh air dan efisiensi peralatan, memperpanjang periode pengamatan, serta mempertimbangkan pendekatan deret waktu atau kecerdasan buatan untuk meningkatkan akurasi model prediksi daya output.

Daftar Acuan

[1] A. Lukman, R. Harahap, and A. T. Hardianto, “Analisa debit air untuk kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Peusangan I Takengon Kabupaten Aceh Tengah,” Jurnal Teknik Sipil, 2023.

[2] S. Allifah, P. Wijayanti, and Y. Syaukat, “Mampukah pembangkit listrik tenaga air mendorong green economy untuk Indonesia?,” Jurnal Ilmu Lingkungan, 2023.

[3] Gunawan et al., 2019. [Data bibliografi lengkap belum tersedia pada naskah sumber; perlu dilengkapi sebelum submit.]

[4] D. Utiarahman, B. Y. Labdul, and A. Alitu, “Studi potensi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) pada Bendungan Bulango Ulu Kabupaten Bone Bolango,” 2024. [Nama jurnal belum lengkap pada naskah sumber.]

[5] International Energy Agency, Renewables 2023: Analysis and Forecast to 2028. IEA, 2023.

[6] REN21, Renewables 2024 Global Status Report. REN21 Secretariat, 2024.

[7] O. Paish, “Small hydro power: Technology and current status,” Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 6, no. 6, pp. 537–556, 2002, doi: 10.1016/S1364-0321(02)00006-0.

[8] International Commission on Large Dams, Dam Safety and Risk Classification Guidelines. ICOLD, 2023.

[9] R. Annisa, I. Sriyana, and S. Sangkawati, “Aplikasi metode modifikasi ICOLD untuk penilaian kelas risiko

Bendungan Tapin," Wahana Teknik Sipil: Jurnal Pengembangan Teknik Sipil, vol. 26, no. 2, pp. 121–132, 2021, doi: 10.32497/wahanats.v26i2.3125.

[10] E. Kurniawan, A. A. Simaremare, I. Prahastono, and A. Nainggolan, "Kajian alternatif metode kerja perbaikan trashrack (saringan) intake Malalo Unit PLTA Singkarak," ROTASI, vol. 23, no. 4, pp. 18–27, 2021, doi: 10.14710/rotasi.23.4.18-27

[11] Gunawan et al., 2020. [Data bibliografi lengkap belum tersedia pada daftar pustaka naskah sumber; perlu dilengkapi sebelum submit.]

[12] E. T. H. Simamora, P. Siagian, and Rahmaniar, "Analisis pengaruh ketidakstabilan debit air dan curah hujan terhadap daya pada Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) Karo Bumi Energi," Jurnal Serambi Engineering, vol. 9, no. 3, pp. 10048–10055,2024.

[13] C. Asdak, Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, ed. revisi. Gadjah Mada University Press, 2023.

[14] PT Poso Energy, Laporan Hidrologi PLTA Poso Energy. PT Poso Energy, 2023.

[15] B. Triatmodjo, Hidrologi Terapan. Beta Offset, 2015.

[16] I. Ghozali, Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 26, 10th ed. Badan Penerbit Universitas Diponegoro, 2021.

[17] Sugiyono, Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D, 2nd ed. Alfabeta, 2022.

[18] A. Sauqi, Zuraidah, and F. Shalihah, "Analisa pengaruh ketidakstabilan debit air dan curah hujan terhadap efisiensi daya pada PLTA Ir. P. M. Noor," INTEKNA: Jurnal Informasi Teknik dan Niaga, vol. 25, no. 2, 2025.

[19] A. Wasti, P. Ray, S. Wi, C. Folch, M. Ubierna, and P. Karki, "Climate change and the hydropower sector: A global review," WIREs Climate Change, vol. 13, no. 2, e757, 2022, doi: 10.1002/wcc.757.