

Analisis Pengaruh Ketidakstabilan Debit Air Dan Curah Hujan Terhadap Daya Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) Karo Bumi Energi

Eko Toni Hagler Simamora¹, Parlin Siagian², Rahmaniar³

^{1,2,3}Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi Medan, Indonesia

*Koresponden email: ekosimamora@gmail.com

Diterima: 3 Juli 2024

Disetujui: 9 Juli 2024

Abstract

Mini hydro power plants (PLTM) are capable of producing electricity continuously for 24 hours. The amount of energy distributed by the Mini Hydro Power Plant (PLTM) is greatly influenced by the strong flow of water coming from upstream, so the effect of rainfall is relatively direct on the electricity produced by the Karo Bumi Energi Mini Hydro Power Plant (PLTM) with a capacity of 2 x 4, 85 MW. From the observations, rainfall is a dry month, it can also be seen that rainfall, water discharge and production are directly proportional. In May, June and July there is a very significant difference between production and water discharge. According to observations, these months are wet months with very high rainfall. The resulting productivity of hydropower plants is influenced by the creation and release of stable water without aggravation. The higher the creation and release of water, the higher the efficiency of the power supplied. The impact of high rainfall will cause the water release to reach 11,653m³ / hour.

Keyword: *water discharge, rainfall, power at the karo bumi energi mini hydro power plant (PLTM)*

Abstrak:

Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) mampu menghasilkan tenaga listrik secara konsisten selama 24 jam secara konsisten. Besarnya energi yang disalurkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) sangat dipengaruhi oleh besarnya aliran air yang berasal dari hulu, sehingga dampak curah hujan relatif langsung terhadap keluaran listrik yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) Karo Bumi Energi berkapasitas 2 x 4,85 MW. Dari hasil pengamatan curah hujan merupakan bulan kering, terlihat pula antara curah hujan, debit air dan produksi berbanding lurus. Pada pada bulan Mei, Juni dan Juli terlihat ada perbedaan yang sangat signifikan antara produksi dan debit air, pada bulan tersebut sesuai dengan pengamatan adalah bulan basah yang curah hujannya sangat tinggi. Produktivitas hasil dari pembangkit listrik tenaga air dipengaruhi oleh penciptaan dan pelepasan air yang stabil tanpa kejengkelan. Semakin tinggi penciptaan dan pelepasan air, efektivitas yang disampaikan akan meningkat. Dampak curah hujan yang tinggi akan menyebabkan debit air dapat mencapai 11,653m³ /Jam.

Kata Kunci: *debit air, curah hujan, daya pada pembangkit listrik tenaga mini hidro (PLTM) karo bumi energi*

1. Pendahuluan

Indonesia terletak pada daerah tropis, diantara Benua Asia dan Australia, diantara Samudra Pasifik dan Samudra Hindia, serta dilalui oleh garis katulistiwa, terdiri dari pulau dan kepulauan yang membujur dari arah barat ke timur, dikelilingi oleh luasnya lautan, menyebabkan wilayah Indonesia memiliki keberagaman cuaca dan iklim. Sementara kondisi topologi wilayah Indonesia yang memiliki daerah pegunungan, lembah, banyak pantai, merupakan topologi lokal yang menambah keberagaman kondisi iklim wilayah Indonesia baik menurut wilayah maupun waktu [2]. Daerah pegunungan memiliki berbagai macam sumber daya alam yang melimpah. Salah satu sumber daya alam yang sangat melimpah adalah air. Air merupakan senyawa yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup yang ada di bumi, selain itu air menutupi permukaan bumi hampir 71%. Selain digunakan makhluk hidup air juga dapat digunakan sebagai sumber terbentuknya sebuah energi baru, Salah satu sumber energi terbarukan yang sudah dikembangkan menjadi energi listrik adalah energi air. Menurut Agung Pribadi menyatakan bahwa persen pencapaian sektor Energi Baru Terbarukan (EBT) paling tinggi diperoleh dari pembangkit tenaga air sebesar 7,27% dari 12,5

Berdasarkan penelitian sebelumnya ternyata curah hujan tidak secara langsung mempengaruhi efisiensi energi listrik yang dihasilkan di PLTM. Data debit air rata-rata sebesar 8,1475 m³/detik yang dapat menghasilkan energi listrik rata-rata sebesar 21,3781 KWh pada tahun 2019 digunakan dalam penelitian ini. Pembangkit listrik tenaga minihidro ini mampu menghasilkan tenaga listrik secara persisten selama 24 jam secara konsisten. Besarnya energi yang disalurkan oleh pembangkit listrik tenaga mini hidro sangat dipengaruhi oleh banyaknya air yang dilepaskan di bendungan. Tinggi rendahnya volume air pada kurva tersebut dipengaruhi oleh derasnya aliran air yang berasal dari hulu, sehingga dampak curah hujan relatif langsung terhadap keluaran listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga mini hidro. Seperti yang ditunjukkan oleh penelitian sebelumnya yang memahami dampak pelepasan air terhadap tegangan DC pada pembangkit listrik pikohidro, dapat diasumsikan bahwa semakin tinggi nilai delta dan outlet, semakin tinggi nilai pelepasan air. Tegangan yang dihasilkan sebanding dengan nilai debit air.[1]

2. Tinjauan Pustaka

Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) memanfaatkan sumber daya alam yang dapat diperbarui, yaitu air. Dengan ukuran yang relatif kecil penerapan PLTM tidak merusak lingkungan dan relatif mudah. Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) biasanya hanya mengalihkan sebagian aliran sungai atau bendungan yang sudah ada sebelumnya. Untuk mengurangi dampak negatif dari pembangunan proyek PLTM, harus memenuhi beberapa kriteria seperti arus sungai yang minimum, kualitas air, jalur ikan, perlindungan DAS, spesies yang hampir punah, tempat rekreasi, dan menjaga nilai budaya sekitar. [3]

Setiap pembangkit listrik yang memanfaatkan energi air memiliki spesifikasi tergantung dengan penempatan lokasi, tetapi pembangkit listrik yang memanfaatkan energi air dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa parameter, antara lain:

a. Berdasarkan kapasitas terpasang

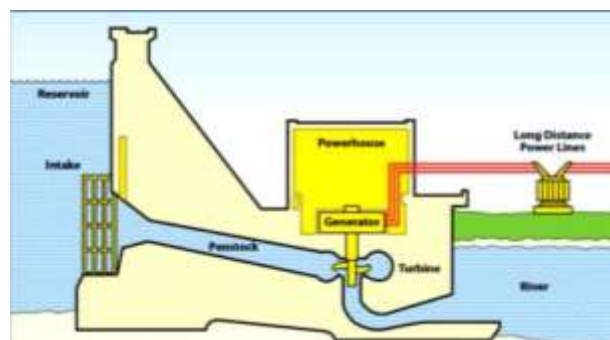
Berdasarkan Peraturan Menteri PUPR nomor 09 tahun 2016, Pembagian Pembangkit Listrik Tenaga Air di klasifikasi berdasarkan daya yang dihasilkan adalah sebagai berikut: PLTA apabila kapasitas yang dibangkitkan lebih dari 10 MW, PLTM apabila kapasitas yang dihasilkan berkisar antara 1 MW sampai 10MW, PLTMH apabila kapasitas yang dihasilkan kurang dari 1 MW

b. Berdasarkan tinggi jatuh

Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) mengubah energi potensial dari air menjadi listrik, yaitu dengan memanfaatkan air yang mengalir dari ketinggian tertentu kemudian diarahkan ke turbin yang berada didalam power house. PLTM berdasarkan tinggi jatuhnya dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu: High Head : Tinggi jatuh diatas 100 m, Medium Head : Tinggi jatuh antara 30 - 100 m, Low Head : Tinggi jatuh dibawah 30 m

c. Berdasarkan Skema

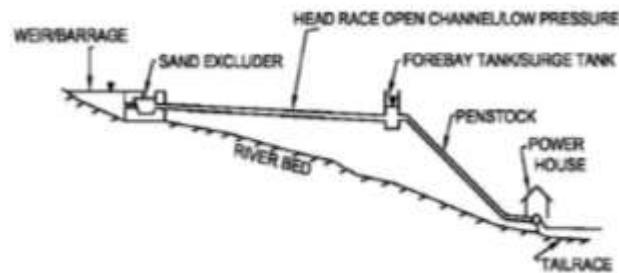
Berdasarkan skemanya ada beberapa tipe dari pembangkit listrik tenaga mini hidro. Berikut beberapa tipe minihidro berdasarkan skemanya yaitu: Pembangkit listrik tenaga mini hidro pada bendungan. Bendungan pada umumnya di bangun bertujuan untuk menyediakan air bersih, pengendalian banjir dan tempat rekreasi [5].



Gambar 1. Skema pembangkit listrik tenaga mini hidro pada bendungan

Skema Run of River yaitu skema pembangkit listrik tenaga mini hidro dengan mengalihkan air sungai melalui saluran air kemudian ke pipa pesat (Penstock) dialirkan mengalir melalui turbin dan generator

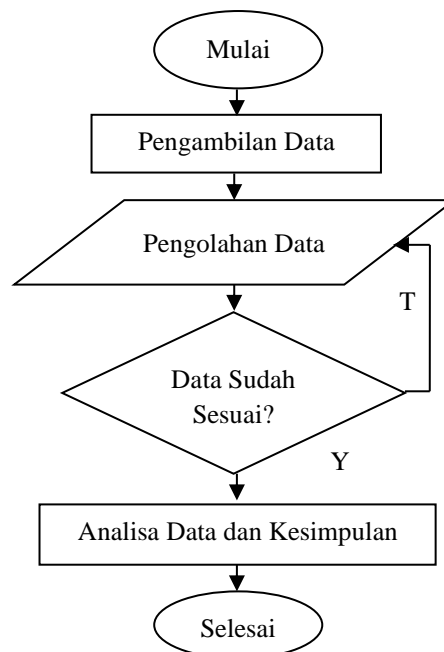
untuk membangkitkan listrik dan terakhir dikembalikan ke sungai kembali dibagian hilirnya seperti gambar berikut[5]:



Gambar 2. Skema *Run of River*

3. Metode Penelitian

Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro terletak di Desa Kandibata, Kec. Kabanjahe, Kabupaten Karo, Sumatera Utara. PLTM Karo Bumi Energi berkapasitas 2 x 4,85 MW. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh PLTM Karo Bumi Energi dialirkan ke PLN dengan menggunakan kerangka usaha atau perdagangan. Untuk mengetahui seberapa besar dampak struktur pelepasan air dan curah hujan terhadap efektivitas Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro dilengkapi dengan filosofi yaitu kajian bahan evaluasi dan proses perencanaan dalam literature, Putuskan kebutuhan informasi, Daftar kantor dan organisasi yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber informasi, Perolehan prasyarat/korespondensi resmi untuk pengumpulan informasi [11].



Gambar 3. Alir Diagram Penelitian

Data yang diperoleh dalam kegiatan penelitian ini adalah data debit sungai atau bendung, head (ketinggian), luas genangan dan data hasil produksi bulanan selama 2 tahun yang akan dihitung menggunakan formula yang ada. Hasil dari perhitungan tersebut akan memberikan gambaran mengenai perbandingan besarnya debit air dan efisiensi output Daya pada PLTM Karo Bumi Energi [12].

4. Hasil Dan Pembahasan

PLTM Karo Bumi Energi telah beroperasi secara normal sejak bulan Januari 2023. Kedua turbin yang terpasang pada *Powerhouse* dengan kapasitas 2x4.85 MW telah menghasilkan tenaga listrik dan telah disalurkan ke jaringan PT. PLN (Persero). Setiap tahunnya pada bulan Maret, dimana kondisi debit air di sungai menurun, akan dilakukan pemeliharaan tahunan yang meliputi pengecekan bangunan Bendungan baik Fisik maupun komponen komponen bangunan lainnya, untuk tetap menjaga kondisi fisik bangunan

dan pemeliharaan rutin tersebut dilakukan dengan melihat kondisi cuaca agar tidak mengganggu aktifitas produksi [8].

Untuk bangunan konstruksi PLTM Karo Bumi Energi terdiri dari bangunan utama yaitu Bendung, dan bangunan penunjang yaitu Intake, saluran pembawa (*Waterways*), Pipa pesat (Penstock) dan Rumah pembangkit (*Power House*) dimana pusat energy listrik dihasilkan. Bendung/Weir dibangun disungai Lau Biang berfungsi untuk menampung air atau menaikkan permukaan air. Konstruksi bendung PLTM Karo Bumi Energi dibangun dengan spesifikasi sebagai berikut:

Elevasi bendung, puncak spillway : 612 m dpl

Type bendung earthfilled gravity dam dengan plat beton massive concrete

Panjang bendung : ± 86 m

Lebar atas bendung : ± 5 m

Lebar pondasi bawah : ± 10 m

Tinggi bendung : ± 10 m



Gambar 4. Kondisi bangunan bendung PLTM Karo Bumi Energi

Operasional Intake adalah fasilitas pada bangunan pembangkit yang berfungsi untuk pengambilan air dari reservoir yang kemudian dialirkan di jaringan pembawa atau *waterway*. Bangunan Intake PLTM Karo Bumi Energi dilengkapi dengan saringan penyaring yang berguna untuk mengelak sampah besar seperti pohon dan tanaman tanaman yang terbawa oleh arus sungai. Operasional Saluran Pembawa (*Waterways*). Saluran pembawa (*Waterways*) dibangun dengan sistem saluran tertutup yang bangunannya terdiri dari penanaman pipa dalam tanah dengan variasi diameter mulai dari diameter 1800mm, 1900mm dan 2000mm. Bahan pipa yang digunakan terbuat dari fiber glass yaitu GRP (*Glass Reinforced Plastic*) atau kadang disebut FRC (*Fiberglass Reinforced Plastic*).

Operasional Saluran Pipa Pesat (Penstock) Penstock PLTM Karo Bumi Energi dibangun sepanjang ±200 m, material pipa penstock terbuat dari baja komposit yaitu DIP (*Ductile Iron Pipe*) dengan panjang perpipa adalah 8 m, dan diameter 1800mm. Penstock dibangun searah dengan jalur *waterway* lalu menuju ke mulut turbin di *Power House*. Operasional *Power House* adalah tempat operasional untuk Turbin, Generator yang dioperasikan melalui area control room untuk menghasilkan energy listrik. Di dalam *Power House* terdapat 2 Unit Turbin yaitu Turbin 1 kapasitas terpasang 4,85 Mw dan Turbin 2 Kapasitas terpasang 4.85 Mw. Untuk Generator dan Tranformer dilengkapi masing masing 2 unit dengan kapasitas terpasang sama dengan turbin [4]. (a) Ketersediaan Air (Debit) Debit andalan adalah debit yang tersedia guna keperluan tertentu (irigasi, air minum, PLTM, dll). Dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan. Perhitungan Debit Andalan (*Dependable Discharge*) dimaksudkan untuk mencari nilai kuantitatif debit yang tersedia sepanjang tahun, baik pada musim kemarau maupun pada musim hujan. [10]

Untuk analisa debit andalan/ ketersediaan air serta pengaruh curah hujan pada DAS Lau Biang (Lokasi Bendung PLTM Karo Bumi Energi) digunakan Metode Analisa Debit Sungai/ Perbandingan DAS pengaruh curah hujan. Data catatan Debit dan Tinggi air akibat curah hujan pada lokasi sebagai dasar perhitungan debit sungai ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Debit air andalan dan debit air akibat curah hujan pada Lokasi Bendung PLTM Karo Bumi Energi (m^3 /det)

No	Keandalan (%) Terpenuhi)	Debit (m^3)/ Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AWLJR Lau Biang (A= 440Km ²)	60%	31, 85	31, 72	33, 40	35, 87	41, 79	41, 78	46, 49	21, 63	13, 90	17, 29	36, 48	32, 35
Bendung PLTM (A= 140Km ²)	60%	10, 08	10, 04	10, 57	11, 35	13, 23	14, 72	12, 23	6,8 4	4,4 0	5,4 7	11, 55	10, 24
AWLJR Lau Biang (A= 440Km ²)	90%	9.5 0	9.4 3	11, 00	13, 61	16, 30	20, 59	28, 44	9,8 0	4,7 2	4,9 7	8,5 6	8,5 7
Bendung PLTM (A= 140Km ²)	90%	3,0 0	2,9 8	3,4 7	4,3 0	5,1 6	6,5 1	9,0 0	3,1 0	1,4 9	1,5 7	2,7 0	2,7 1

Dari **Tabel 1** diatas, semakin tinggi curah hujan maka air juga semakin tinggi sehingga debit air semakin besar. Konsep dalam analisis keseimbangan air DAS akibat curah hujan pada Lokasi Bendung PLTM Karo Bumi Energi adalah mengoptimalkan sistem operasi pembangkit dengan melihat besarnya debit yang tersedia. Neraca keseimbangan air pada DAS lokasi Bendung PLTM Karo Bumi Enrgi sebagaimana disajikan pada **Tabel 2** berikut [7].

Tabel 2. Neraca Keseimbangan Air PLTM Karo Bumi Energi

No	Bulan Parameter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Potensi Air Q 60%	10,08	10,04	10,57	11,35	13,23	14,72	12,23	6,84	4,40	5,47	11,55	10,24
2	Kebutuhan Air PLTM Turbin I Turbin II	10,00	9,98	10,47	11,30	12,16	13,51	11,50	5,60	3,99	5,42	9,70	9,71
		4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	0,00	0,00	0,00	4,00	4,50	4,50
		4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	0,00	4,50	4,50

Kebutuhan air untuk menggerakkan turbin sesuai dengan hasil perencanaan untuk PLTM Karo Bumi Energi adalah sebagai berikut: (a) Turbin I, daya yang dibangkitkan 4,85 MW, membutuhkan debit sebesar 4,5 m^3 /det. (b) Turbin I, daya yang dibangkitkan 4,85 MW, membutuhkan debit sebesar 4,5 m^3 /det. Sehingga total kebutuhan air dalam menggerakkan 2 Unit turbin yang menghasilkan daya sebesar 9,7 Mw adalah 9 m^3 /det. Penentuan keseimbangan air antara ketersediaan air dan kebutuhan air PLTM adalah dengan menetapkan potensi ketersediaan air yang dapat diandalkan terpenuhi berdasarkan besarnya debit yang diperoleh dari analisa data catatan tinggi muka air selama 10 tahun terakhir, dengan sistem operasi turbin/ pembangkit yang direkomendasikan.

a. Pengaruh Debit air dan Produksi Daya PLTM Karo Bumi Energi

Dalam Pembangunan PLTM, ada dua hal yang sangat penting untuk diketahui yaitu ketinggian (*head*) dan debit. Semakin tinggi *head* dan besar debit air, maka semakin besar daya output yang dihasilkan pembangkit . Berdasarkan dari uraian di atas yang di dapatkan dari PLTM Karo Bumi Energi untuk ketinggiannya sebesar 167m. Untuk data debit air dan produksi PLTM Karo Bumi Energi dilakukan perhitungan sebagai berikut berikut:

Bulan Januari:

$$\begin{aligned}
 \text{Debit Harian} &= \frac{\text{Debit Re kam}}{\text{Hari Re kam}} \\
 &= \frac{961.656}{8} \\
 &= 120.207 (m^3 / s)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit Bulanan} &= \text{Hari} \times \text{Debit Harian} \\ &= 31 \times 120.207 \text{ (m}^3 / \text{s)} \\ &= 3.726,417 \text{ (m}^3 / \text{s)} \end{aligned}$$

Bulan Februari:

$$\begin{aligned} \text{Debit Harian} &= \frac{\text{Debit Re kam}}{\text{Hari Re kam}} \\ &= \frac{4.945.836}{28} \\ &= 176.637 \text{ (m}^3 / \text{s)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit Bulanan} &= \text{Hari} \times \text{Debit Harian} \\ &= 28 \times 176.637 \text{ (m}^3 / \text{s)} \\ &= 4.945.836 \text{ (m}^3 / \text{s)} \end{aligned}$$

Tabel 3. Debit Air PLTM Karo Bumi Energi Tahun 2023

Bulan	Hari Rekam	Keterangan	Hari	Debit Harian (m ³ /s)	Debit Bulanan (m ³ /s)
Jan	8	Low	31	120.207	3.726.417
Feb	28	Low	28	176.637	4.945.836
Mar	30	High	30	209.943	6.508.247
Apr	31	High	31	227.370	6.821.101
Mei	30	High	30	277.010	8.587.328
Jun	31	Low	31	184.452	5.533.569
Jul	30	High	30	279.684	8.670.200
Agus	31	Low	31	96.263	2.984.173
Sep	30	High	30	63.065	1.891.950
Okt	31	High	31	80.691	2.501.436
Nov	30	High	30	132.261	3.967.848
Des	31	Low	31	186.757	5.789.477

Tabel 4. Hasil Produksi Daya PLTM Karo Bumi Energi Tahun 2023

Bulan	Produksi (kwh)
Januari	3,301,718.250
Februari	4,210,627.618
Maret	5,809,029.870
April	5,891,948.614
Mei	4,164,124.638
Juni	4,156,637.180
Juli	5,277,390.074
Agustus	5,277,390.074
September	1,607,011.914
Oktober	2,340,225.750
November	3,796,621.032
Desember	4,615,933.639
Total	47,666,127.311

Tabel 5. Perbandingan Debit Air dan Produksi Akibat Curah Hujan

Bulan	Produksi (kwh)	Data Debit Air (m ³ /s)
Januari	3,301,718.250	3.726.417
Februari	4,210,627.618	4.945.836
Maret	5,809,029.870	6.508.247
April	5,891,948.614	6.821.101
Mei	4,164,124.638	8.587.328

Bulan	Produksi (kwh)	Data Debit Air (m ³ /s)
Juni	4,156,637.180	5.533.569
Juli	5,277,390.074	8.670.200
Agustus	5,277,390.074	2.984.173
September	1,607,011.914	1.891.950
Oktober	2,340,225.750	2.501.436
November	3,796,621.032	3.967.848
Desember	4,615,933.639	5.789.477
Total	47,666,136.300	61,927,591.01

b. Hasil Analisa

Dari data di atas terlihat bahwa semakin tinggi data Debit air maka produksi PLTM Karo Bumi Energi juga semakin meningkat. Dari data di atas terlihat bahwa (1) Pada bulan Agustus sampai dengan bulan November dari hasil pengamatan curah hujan merupakan bulan kering, terlihat pula antara curah hujan, debit air dan produksi berbanding lurus, (2) Pada pada bulan Mei, Juni dan Juli terlihat ada perbedaan yang sangat signifikan antara produksi dan debit air, pada bulan tersebut sesuai dengan pengamatan adalah bulan basah yang curah hujannya sangat tinggi. Curah hujan yang tinggi akan mengakibatkan gangguan pada jaringan distribusi meningkat, sehingga Ketika terjadi gangguan maka produksi terhenti walaupun debit air meningkat. Selain gangguan jaringan, pada area intake juga mengalami gangguan yaitu adanya kiriman sampah yang terbawa arus yang masuk pada area intake dan menempel pada screen sehingga menyebabkan aliran air yang masuk ke water way berkurang.(3) Pada bulan Desember – hingga April merupakan bulan basah namun curah hujan tidak terlalu ekstrim. Pada bulan itu debit air tetap meningkat dan gangguan pada jaringan dan intake tidak banyak. Dari hasil penelitian di atas, terlihat bahwa data curah hujan, debit air, gangguan jaringan dan produksi daya berbanding lurus.

c. Efisiensi Daya Output

Untuk mendapatkan besar nilai efisiensi daya pada PLTM Karo Bumi Energi dapat di hitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Step 1 Menghitung secara teori daya yang dihasilkan dengan menggunakan rumus

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

Dimana:

P : Daya

g : Gravitasi

Q : Debit

H : Ketinggian Air (Head)

Step 2 Menghitung besar efisiensi dengan menggunakan data sebagai berikut:

$$\eta_{Total}\% = \frac{\text{Daya Output Generator}}{\text{Daya Input}} \times 100\%$$

Tabel 6. Tabel Hasil Perhitungan Efisiensi System Pembangkit

Bulan	Produksi (kwh)	Debit Bulanan	Q (debit) /Jam	Produksi Input (kwh)	Efisiensi (%)
Januari	3,301,718	3.726.417	5,008	5,875,703	56,19
Februari	4,210,627	4.945.836	6,647	7,831,163	53,76
Maret	5,809,029	6.508.247	8,747	10,336,667	56,19
April	5,891,948	6.821.101	9,167	10,938,361	53,86
Mei	4,164,124	8.587.328	11,541	13,670,690	30,46
Juni	4,156,637	5.533.569	7,437	8,773,669	47,37
Juli	5,277,390	8.670.200	11,653	13,803,584	38,23
Agustus	5,277,390	2.984.173	4,010	5,685,447	92,82
September	1,607,011	1.891.950	2,542	3,003,955	53,49
Oktober	2,340,225	2.501.436	3,361	4,001,328	58,48
November	3,796,621	3.967.848	5,332	6,262,873	60,62
Desember	4,615,933	5.789.477	7,781	9,184,044	50,26
Total					59,22

Dari **Tabel 6** di atas dapat terlihat bahwa (1) Dari informasi di PLTM, standar efisiensi PLTM Karo Bumi Energi adalah 50% pertahun. (2) Dari data di atas di lihat bahwa dengsn efisiensi tahunan adalah 59,22% artinya dari efisiensi dapat dilihat bahwa target dapat tercapai. (3) Data terlihat bahwa efisiensi system pembangkit tidak stabil tergantung dari debit air dan produksi. Terlihat bahwa dengan debit air yang tinggi dan produksi yang tinggi akan mencapai efisiensi di atas 50%, sementara efisiensi [11] yang rendah tidak hanya di pengaruhi oleh debit dan produksi (4) Perhitungan debit diatas tidak disesuaikan jam operasional pembangkit. Artinya Ketika debit tinggi maka produksi pun akan tinggi dan efisiensi yang di hasilkan akan meningkat juga jika tidak ada gangguan pada eksternal (dari jaringan distribusi) dan internal (dari mesin, intake, water way, dll)

5. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan diatas dapat disimpulkan sebagai berikut: Produktivitas hasil dari gaya pembangkit listrik tenaga air dipengaruhi oleh penciptaan dan pelepasan air yang stabil tanpa kejengkelan. Semakin tinggi penciptaan dan pelepasan air, efektivitas yang disampaikan akan meningkat. Dampak curah hujan yang tinggi akan menyebabkan penghalang, sehingga banayak pengaruh yang meresahkan, sehingga debit air dapat mencapai 11,653 /Jam. Dari data di PLTM Karo Bumi Energi, norma efektivitas tenaga Mini hidro adalah setengah setiap tahun adalah 59,22% yang menyiratkan bahwa tujuan tersebut tercapai.

6. Daftar Pustaka

- [1] A. K. Krishnastana, L. Jasa, And A. I. Weking, "Studi Analisis Perubahan Debit Dan Tekanan Air Pada Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro," Maj. Ilm. Teknol. Elektro, Vol. 17, No. 2, P. 257, 2018, Doi: 10.24843/Mite.2018.V17i02.P14
- [2] Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), 2019
- [3] Azhar Adi D, Ernawan S. Analisa Hubungan Curah Hujan Dan Debit Serta Kolerasi Pengaruh Parameter Lain Di Daerah Aliran Sungai Brantas Hulu" Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2018 ISSN (Cetak) 2527-6042
- [4] I. Kurniady, A. Amrinsyah, And A. Amirsyam, "Kapasitas Aliran Terhadap Daya Turbin." J.Electr. Syst. Control Eng., Vol. 2, No. 2, 2019, Doi: 10.31289/Jesce.V2i2.2359
- [5] La Ode Mohammad Firman & Basuki Setiawan, 2023, Dasar-Dasar Pembangkit Listrik Tenaga Air, Penerbit: Widina Media Utama, ISBN: 978-623-459-597-0
- [6] Lukas, D. Robi, H. H. Tumbelaka. "Studi Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) di Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas". Jurnal Teknik Elektro, Vol. 10, No. 1, Maret 2017, 17-23
- [7] M. L. Hakim., N. Yuniarti, Sukr, E. S. Damarwan. "Pengaruh Debit Air Terhadap Tegangan Output Pada Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro" Jurnal Edukasi Elektro" Vo. 4, No.1 (2020)
- [8] Muhammad Luthfi Hakim, Nurhening Yuniarti, Sukri, Eko Swi Darmawan, "Pengaruh debit air terhadap tegangan output pada pembangkit listrik tenaga pico hydro" Jurnal Edukasi Elektro, Vol. 4, No. 1, 2020
- [9] Parlin Siagian," Potensi Energi Angin Kecepatan Rendah Untuk Pembangkit Listrik Dengan Modifikasi Turbin Jenis Icedwind" *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)* Volume 6 Nomor 2, Desember 2023 e-ISSN : 2614-1574 p-ISSN : 2621-3249
- [10] S. Anwar, M. T. Tamam., I. H. Kurniawan. "Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air Menggunakan Konsep Hydrocat" RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer) Vol. 4 No. 1 e-ISSN : 2621-9700, p-ISSN : 2654-2684
- [11] S. Ointu, F. E. P. Surusa, And M. Zainuddin. "Studi Perencanaan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Berdasarkan Potensi Air Yang Ada Didesa Pinogu" Jambura J. Electr. Electron. Eng., Vol.2 Pp. 30–38, 2020, Doi: 10.37905/Jjee.V2i2.4618
- [12] W. Romadhoni, D. Sulaiman, Purnama "Analisis potensi pembangkit listrik tenaga mikro hydro pada anak sungai di bulungan" Jurnal Kumpulan Fisika, Vol. 4 No. 1, April 2021, Hal. 61-66