

PENGARUH DEBIT AIR DAN CURAH HUJAN PADA PLTA WAY BESAI LAMPUNG BARAT TERHADAP PRODUKTIVITAS ENERGI YANG DI HASILKAN

THE INFLUENCE OF WATER DISCHARGE AND RAINFALL ON THE PRODUCTIVITY OF ENERGY GENERATED BY THE WAY BESAI HYDROELECTRIC POWER PLANT IN WEST LAMPUNG

HENRY PERMANA¹, PRASTA ADI NUGROHO¹, AMIRAL AZIZ¹, TUGIMAN FARUDIN¹

¹ Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Assyafi'iyah Jakarta

Email : henryper2971@gmail.com

ABSTRACT

The Way Besai Hydroelectric Power Plant, located in Lampung Province, is constructed to generate a maximum output of 90 MW (2 x 45 MW) by utilizing water discharge and head. Water availability and sedimentation are the main issues frequently encountered in dams. The objective of this research is to determine the influence of rainfall and water discharge on the productivity of electric energy generated in hydroelectric power plants. In other words, rainfall does not directly affect the productivity of electric energy generated, while water discharge does affect it. The method used in this research is a quantitative method with an approach to describe the research data of water discharge and rainfall on the productivity of electric energy. The Way Besai Hydroelectric Power Plant is a run-of-river type power plant with a daily storage or pond area, covering an area of 415 km², with a total dirty storage volume at the KTH (highest possible water level) of 1,200,000 m³ and an effective volume of 1,070,000 m³. The surface area of the reservoir is 0.70 km² with a power plant discharge of 24.30 m³/s..

Keywords: ArcGIS, DAS, Sedimentation, USLE, Way Besai

ABSTRAK

"Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Way Besai, yang terletak di Provinsi Lampung, dibangun untuk menghasilkan daya maksimum sebesar 90 MW (2 x 45 MW) dengan menggunakan aliran air dan ketinggian. Ketersediaan air dan sedimentasi adalah masalah utama yang sering terjadi di bendungan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan pengaruh curah hujan dan debit air terhadap produktivitas energi listrik yang dihasilkan di pembangkit listrik tenaga air. Dengan kata lain, curah hujan tidak mempengaruhi langsung produktivitas energi listrik yang dihasilkan, sedangkan debit air mempengaruhinya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif dengan pendekatan untuk menggambarkan data penelitian debit air dan curah hujan terhadap produktivitas energi listrik. PLTA Way Besai adalah pembangkit listrik tenaga air tipe aliran sungai dengan area penampungan atau kolam harian, mencakup area seluas 415 km², dengan volume total penampungan kotor di KTH (tinggi air tertinggi yang mungkin) sebesar 1.200.000 m³ dan volume efektif sebesar 1.070.000 m³. Luas permukaan waduk adalah 0,70 km² dengan debit pembangkit sebesar 24,30 m³/det."

Kata kunci: ArcGIS, DAS, Sedimentasi, USLE, Way Besai

1. PENDAHULUAN

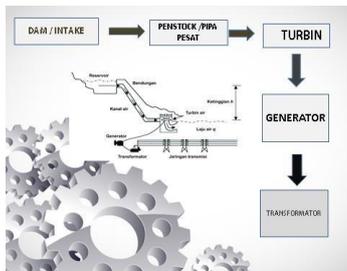
1.1 Latar Belakang

PLTA Way Besai yang terletak Di Kecamatan Sumber Jaya Kabupaten Lampung Barat Provinsi Lampung di bangun mulai dari April 1994 dan Diresmikan Pada Tahun 2001, Bangunan Utama PLTA Way Besai terdiri dari *Intake Dam, Headrace Tunnel, Surge Tank, Penstock, PH, Dan Tail Race*. Dibangun nya PLTA Way Besai Ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan listrik

yang ada di sektor Bandar Lampung PLTA Way Besai membangkitkan daya *output* Maksimum Sebesar 90,4 MW. DAS (Daerah Aliran Sungai). PLTA Way Besai Memiliki Luas 415 km², Dengan *Volume* Tampungan Kotor Pada KTH Sebesar 1.200.000 m³ Sedangkan Volume Efektif 1.070.000 m³ [1]

Luas genangan tampungan sebesar 0,70 km² dengan debit pembangkit sebesar 24,30 m³/s. PLTA Way Besai yang berada di lampung barat mengalami penurunan energi listrik. Ketersediaan air terutama air permukaan sangat

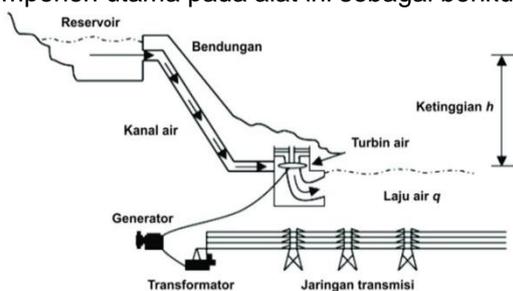
bergantung pada pengelolaan asal air tersebut, yaitu sungai, dimana sungai-sungai bergabung dalam suatu DAS (daerah aliran sungai) [2]. Dalam konteks pengelolaan daerah aliran sungai, sedimentasi merupakan permasalahan yang penting karena kerugian yang di timbulkan dapat mempengaruhi kinerja Turbin dan Daya listrik yang dihasilkan, dan apabila dampak Sedimentasi tidak di tangani secara signifikan sangat berpengaruh terhadap produktifitas energi listrik yang di hasilkan PLTA Way Besai



Gambar 1. Skema PLTA Way Bessai [2]

Prinsip PLTAdan Konversi Energi

Pada prinsipnya PLTA mengolah energi potensial air dirubah menjadi energi kinetik dengan adanya head, lalu energi kinetik ini berubah menjadi energi mekanik dengan adanya aliran air yang menggerakkan turbin, lalu energi mekanik ini berubah menjadi energi listrik melalui perputaran rotor pada generator. Jumlah energi listrik yang bisa dibangkitkan dengan sumber daya air tergantung pada dua hal, yaitu jarak tinggi air (*head*) dan berapa besar jumlah air yang mengalir (debit turbin Angin terdiri dari berbagai komponen, tetapi komponen utama pada alat ini sebagai berikut :



Gambar 2. Diagram Skema PLTA [3]

BAGIAN-BAGIAN PLTA WAY BESAI :

1. WEIR (BENDUNGAN) / INTAKE DAM

Adalah bagian awal PLTA yang berfungsi mengatur suplai air yang masuk ke intake sesuai dengan kebutuhan yang di perlukan, dan juga bendungan berfungsi untuk pengendalian banjir [2]. Pada waduk PLTA Way Besai memiliki lebar waduk sebesar 33,5 meter, dan panjang sebesar 25.2 meter, memiliki kedalaman air sedalam 8 meter, dan kecepatan air sungai 24,3 m/s.

Metode yang paling umum digunakan untuk memperkirakan besarnya erosi, dengan rumus sebagai berikut:

$$Ea = R.K.LS.C.P [3]$$

Ea : Banyaknya tanah tererosi (ton/ha/tahun)

R : Faktor erosivitas hujan dan aliran permukaan (kj/ha)

K : Faktor erodibilitas tanah (ton/kj)

LS : Faktor panjang dan kemiringan lahan

C : Faktor tanaman penutup lahan

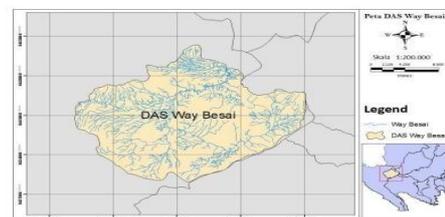
P : Faktor tindakan konservasi lahan

$$Q = A . V [4]$$

Q = Debit Air (m³/s)

A = Luas Penampang (m²)

V = Kecepatan Air (m/s)



Gambar 3. Peta DAS (Daerah aliran sungai) PLTA Way Besai



Gambar 4. Bendungan Intake PLTA Way Besai, 2022

2. PIPA PESAT / PENSTOCK

Penstock atau pipa pesat adalah pipa yang mengalirkan air dari pipa head masuk ke *spiral case* (rumah turbin) di dalam pipa *penstock* terjadi perubahan energi pada air yaitu energi potensial menjadi energi kinetik [5]. Dalam perancangan pipa *penstock* banyak hal yang harus di pertimbangkan diantaranya adalah tekanan air dalam *penstock* dan *head losses* yang terjadi serta jenis material pipa. panjang *penstock* yang berada di PLTA Way Besai Lampung Barat mempunyai diameter 3.8 m pada *penstock* dan 1.8 m pada pipa pesat dengan total panjang pipa 610.4 m yang dapat menampung *maxium plant discharge* 45.6 m³/sec dari dua unit *Hidraulic turbine*. dan tebal Pipa tekan yang dipakai untuk

mengalirkan air dari tangki atas (*head tank*) atau langsung dari bangunan ambil air ke turbin air disebut pipa pesat (*penstock*). Saluran pipa tekan adalah nama umum bagi dasar atau terowongan yang dipakai untuk menempatkan pipa pesat, blok angker (*anchor block*) dan pelana (*saddle*), yang akan menahan pipa pesat tersebut.

Head losses Pada Penstock

Dalam perhitungan *head losses* ini perlu diperhatikan beberapa faktor, karena dalam perhitungan *head losses* ini akan mempengaruhi daya yang akan dihasilkan oleh turbin. Dibawah ini merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung *head* pada turbin :

$$HT = \text{Headstatic} + \text{Headlosses (m)}$$

Head static merupakan tinggi air jatuh dengan satuan meter (m), yaitu dihitung dari permukaan air atas sampai permukaan air bawahnya. *Head losses* merupakan rugi-rugi energi yang diakibatkan dari sistem pipa-pipa yang terpasang dengan satuan meter (m).

Pada *head losses* ini terdapat dua jenis, yaitu *head losses* major dan *head losses* minor. *Head losses* itu sendiri merupakan penjumlahan dari *head losses* major dan *head losses* minor, seperti pada persamaan :

$$H_t = H_L \text{ Major} + H_L \text{ Minor}$$

$$H_t = \text{Head losses Total (m)}$$

$$H_L \text{ Major} = \text{Head losses Major (m)}$$

$$H_L \text{ Minor} = \text{Head losses Minor (m)}$$

Head losses Major, yaitu rugi-rugi energi yang diakibatkan dari gesekan fluida terhadap kekasaran permukaan bahan pipanya.

Rumusan untuk menghitung *Head losses Major* dengan metode formula Hazen Williams.

$$H_{lm} = \left(\frac{0}{0,2785 \cdot Chw \cdot D^{2,63}} \right)^{1,85} \cdot L$$

Keterangan:

Chw = koefisien kekasaran pipa hazen william

Q = Debit air (m³/s)

D = Diameter pipa (meter)

L = Panjang pipa (meter)

untuk menghitung koefisien gesekan belokan adalah :

$$K = \left[0.131 + 1.847 \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} \right] \left(\frac{Q}{90} \right)^{0,5} \quad [6]$$

Kemudian untuk mengetahui *head losses minor* menggunakan persamaan dibawah ini :

$$HL \text{ Minor} = K \frac{v^2}{2g} \quad [6]$$

HL.Minor = *Head losses minor* (m)

K = Nilai koefisien gesekan dari belokan atau sambungan

L = Panjang pipa(m)

D = Diameter pipa (m)

V = Kecepatan rata-rata fluida. Percepatan gravitasi (m/s)

Perhitungan Daya Losses *Penstock* yang hilang karena kerugian (*head losses*). Dicari Dengan rumus persamaan sebagai berikut :

$$PL = \rho \cdot g \cdot Q \cdot HT [6]$$

PL = Daya losses *penstock* (watt)

ρ = masa jenis air (kg/m³)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

Q = Debit air (m³/s)

HT = *Head losses* total *penstock* (m)

Daya hidrolis air adalah daya air yang mampu air ciptakan tanpa dikurangi kerugian kerugian (*Head losses*) pada *penstock*. Persamaan daya hidrolis air sebagai berikut:

$$PH = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H [6]$$

PH = Daya hidrolis air (watt)

ρ = Massa jenis air (kg/m³)

g = Percepatan gravitasi (m/s²)

Q = Debit air yang masuk (m³/s)

H = Tinggi jatuh air (elevasi) (m)



Gambar 5. Pipa Pesat PLTA Way Besai

3. GEDUNG PEMBANGKIT (POWER HOUSE)

Power house atau rumah pembangkit adalah tempat untuk mengontrol pembangkit energi listrik. Di dalam nya meliputi ccr, miv, turbin generator, dan perlengkapan lainnya.



Gambar 6. Power House PLTA Way Besai

4. TURBIN AIR

Turbin air merupakan mesin yang mengkonversikan energi potensial air menjadi energi mekanik. Daya Turbin Air yang dihasilkan bergantung pada kapasitas air (m³ /detik), kecepatan air atau Rho, head atau tinggi jatuh air efektif dalam satuan meter. Dengan rumus sebagai berikut :

$$P_T = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot \eta_{total} \quad [7]$$

PT = Daya turbin (J / watt)
 ρ = rho air (Kg/m³)
 Q = kapasitas air (m³/detik)
 g = gaya gravitasi, 9,81 (m/detik)
 H = tinggi head (m)
 η = efisiensi total



Gambar 7. Spesifikasi Turbin PLTA Way Besai



Gambar 8. Turbin Francis PLTA Way Besai

5. GENERATOR

Pada dasarnya generator adalah suatu sistem kendali otomatis yang sangat berpengaruh menjaga kecepatan poros suatu pembangkit tenaga listrik. Pada kenyataannya di PLTA Way Besai kecepatan poros yang di jaga yakni sebesar 500 rpm pada beban yang bervariasi yang di butuhkan PLN. Fungsi lain dari generator adalah menghentikan operasi turbin pada saat terjadi gangguan. Kecepatan putar pada poros untuk beban yang terjadi di atur oleh main governor pada saat beban tinggi secara otomatis akan berkurang, dalam hal ini, control governor akan menjaga agar kecepatannya konstan dengan cara membuka katup masuk air (guidevane) sebelum masuk kedalam turbin. Adapun persamaan yang di gunakan dalam menentukan kecepatan generator adalah sebagai berikut :

Daya output Generator di hitung dengan rumus

$$P = 9.81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta_{total} \quad [6]$$

Q = Debit air (m³/s):
 H= efektif head (m)
 η = Efisiensi total ($\eta_{generator} \times \eta_{turbin}$)

Yang terpasang pada rotor PLTA Way Besai adalah 2 kutub Daya listrik PLTA dapat terbangkitkan di Generator dapat di hitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$P = k \cdot \eta \cdot H \cdot Q \quad [6]$$

Q = Debit air (m³/s)
 H= efektif head (m)
 η = Efisiensi turbin bersama generator
 k = Konstanta

TYPE SSV 347/12-185

Merk Elin
 Out Put Generator : 53 Mva
 Tegangan : 11kv
 Arus : 133 V Dc
 Arus Exitas : 969 A



Gambar 9. Spesifikasi Generator PLTA Way Besai



Gambar 10. Generator Merk Elin

6. TRANSFORMATOR

Transformator adalah mesin listrik yang bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik yang merubah besaran arus dan tegangan dari input tetapi tidak merubah besar Daya input dan output nya. Alat yang terdiri dari beberapa rangkaian ini. Memiliki beberapa item seperti inti besi. Belitan primer, dan belitan skunder. Termaksud juga di dalam nya berisi cairan yang berguna untuk mendinginkan suhu serta mencegah terjadinya *short circuit* yang disebabkan karna penguapan sehingga menciptakan cairan yang menjadi konduktor. Transformator step up memiliki belitan skunder dengan luas penampang yang kecil di dibandingkan sisi primernya.

Efisien transformator step up dirumuskan dengan persamaan matematis :

$$\eta = \frac{V \cdot I}{V_p \cdot I_p} \cdot 100\% \quad [6]$$

η = Efisiensi Transformator (%)
 Vs = tegangan skunder / tegangan keluar (volt)
 Is = Arus skunder (A)
 Vp = tegangan primer / tegangan masukan (volt)
 Ip = Arus primer



Gambar 11. Trafo Power House PLTA Way besai



Gambar 12. Spesifikasi Travo PLTA Way Besai

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penelitian ini dilakukan bertujuan untuk :

- Menghitung Erosivitas (sedimentasi) periode oktober 2021 – maret 2022
- Menghitung *losses* dan efisiensi pipa *penstock* PLTA Way Besai.
- Menghitung Daya dan yang di hasilkan turbin PLTA Way Besai.
- Menghitung output listrik yang dihasilkan generator PLTA Way Besai.
- 6 Menghitung efisiensi generator PLTA Way Besai.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan dari Sub Unit PLTA Way Besai, Kabupaten Lampung Barat. Pada periode oktober 2021 – maret 2022. Subjek Penelitian yang Dibahas Adalah Dampak dari pengaruh debit air dan curah hujan Terhadap Produktivitas Energi listrik yang Dihasilkan.

2.2 Metode

Dalam Penelitian Ini Menggunakan Metode Kualitatif. Data Yang Digunakan adalah Data Sekunder. Menurut Sugiyono [8] Data Sekunder Adalah Sumber Data Yang Tidak Langsung Memberikan Data Kepada Pengumpul Data.

Adapun Teknik Instrumen yang digunakan pada penelitian Ini adalah wawancara tidak terstruktur yaitu wawancara yang bebas dimana peneliti tidak menggunakan pedoman wawancara yang telah tersusun secara sistematis dan lengkap pengumpulan datanya. Pedoman wawancara yang digunakan adalah berupa garis-garis besar permasalahan yang akan ditanyakan. penulis melakukan wawancara terhadap teknisi.

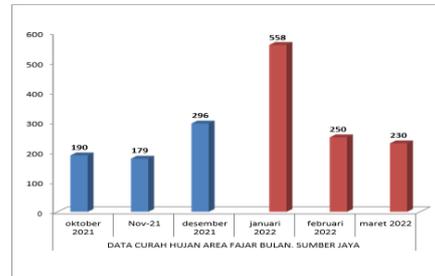
Dalam hal ini penulis melakukan observasi terhadap setiap proses kerja yang berjalan di PLTA Way Besai serta melakukan Tanya jawab dengan supervisor, teknisi dan pembimbing lapangan. Menanyakan mengenai berbagai penanganan masalah berupa intruksi kerja mengenai ketidak stabilan debit air untuk kinerja mesin pembangkit listrik di unit PLTA Way Besai. Dalam proses observasi ini penulis juga mewawancarai secara langsung terhadap

teknisi, operator, dan pembimbing lapangan. Yang ada di kantor (power house) maupun yang ada di lapangan mengenai hal hal yang berkaitan dengan objek yang di tinjau.

Metode Dokumentasi Yaitu Mencari Data Mengenai Hal-Hal Atau Variabel Yang Berupa Catatan, Transkrip, Buku, Dan Sebagainya. Data-data Tertulis Tersebut diperoleh dari dokumen Sub Unit PLTA Way Besai Seperti Laporan Data Curah Hujan Dan Debit Air Pada Tahun 2021.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Curah Hujan harian bulanan selama periode bulan Oktober – Maret 2022



Gambar 13. Data curah hujan bulan. (Sumber : BMKG Pesawaran Lampung)

tanggal	BULAN (mm)					
	Okt-2021	Nov-21	Des-2022	Jan-22	Feb-22	Mar-22
1	11	9	12	8	5	10
2	9	7	9	12	9	15
3	7	0	0	18	20	10
4	0	0	22	30	0	18
5	0	16	5	0	0	0
6	15	6	5	16	19	5
7	17	0	5	25	14	6
8	13	0	8	18	16	0
9	0	0	10	15	10	0
10	0	15	0	12	10	0
11	15	0	0	5	25	15
12	6	0	13	19	0	16
13	12	11	4	15	6	5
14	0	8	6	0	0	25
15	0	5	16	12	0	12
16	9	5	21	25	5	15
17	9	7	0	40	8	6
18	10	12	9	35	10	8
19	9	4	5	38	8	8
20	9	8	15	25	8	0
21	0	0	15	0	15	20
22	0	0	15	22	0	5
23	0	20	12	30	20	4
24	10	10	0	25	8	6
25	4	0	30	0	0	3
26	4	0	20	19	0	0
27	5	4	12	20	25	0
28	5	8	7	28	9	12
29	2	8	9	22		6
30	0	16	2	24		0
31	9		9	0		
jml. Curah hujan (mm)	190	179	296	558	250	230
jml. Hari hujan perbulan	21	19	26	26	20	22
hujan maks (mm)	17	20	30	40	25	25

Gambar 14. Data Curah hujan harian. (Sumber. BMKG Pesawaran Lampung)

3.2 Pencarian nilai tingkat erosi tanah area Daerah Aliran Sungai (DAS)

(Daerah Aliran Sungai) PLTA Way Besai dengan menggunakan Metode Universal Soil Loss Equation (USLE).

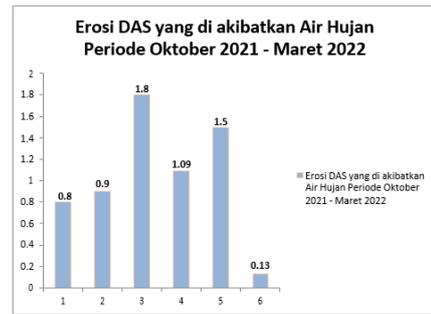
$$A = Rb \cdot K \cdot Ls \cdot C \cdot P$$

Keterangan :

- A : perkiraan erosi tanah (ton/ha/bln)
- Rb: faktor erosititas hujan bulanan (mm/bln)
- K : faktor erobilitas tanah (ton/ha/bln)
- Ls : faktor panjang dan kemiringan lereng
- C : faktor pengolahan tanaman
- P : faktor penangulangan erosi

Diketahui Data :

- K = 0,208
- Ls = 0.400
- C = 0,108
- P = 0,437



Gambar 15. Diagram Erosi DAS yang di akibatkan hujan periode Oktober 2021 - Maret 2022

Perhitungan erovisitas hujan bulanan (Rb)

Rb = Faktor erosititas hujan bulanan periode oktober 2021 – Maret 2022

$$Rb = 6,119 (Hb)^{1,21} \cdot (Hari)^{0,47} \cdot (\max Hb)^{0,53}$$

- Rb =erovitas hujan bulanan
- Hb = hujan bulanan (cm)
- Hari = jumlah hari hujan pada per bulan
- Max Hb = hujan harian maximum per bulan (cm)

Perhitungan Rb Oktober 2021 – Maret 2022

- Rb (Oktober) = 221,93
- Rb (November) = 245,35
- Rb (Desember) = 469,48
- Rb (Januari) = 1177,91
- Rb (Februari) = 396,90
- Rb (Maret) = 343,91

Perhitungan perkiraan erosititas tanah (A)

A = Perhitungan erosi tanahuntuk periode oktober 2021 – Maret 2022

$$A = Rb \cdot K \cdot Ls \cdot C \cdot P$$

Perhitungan Rb Oktober 2021 – Maret 2022

- A (Oktober) = 0.8 ton/ha/bln
- A (November) = 0.9 ton/ha/bln
- A (Desember) = 1.8 ton/ha/bln
- A (Januari) = 1,09 ton/ha/bln
- A (Februari) = 1,5 ton/ha/bln
- A (Maret) = 0.13 ton/ha/bln

Tabel 1 : Besar nya Nilai Erosi pada DAS Way Besai

Periode Waktu	Rb	K	Ls	C	P	A
Okt-2021	221,93	0.208	0.400	0.108	0.437	0,8
Nov-2021	245,35	0.208	0.400	0.108	0.437	0,9
Des-2021	469,48	0.208	0.400	0.108	0.437	1,8
Jan - 2022	1177,91	0.208	0.400	0.108	0.437	1,09
Feb – 2022	396,90	0.208	0.400	0.108	0.437	1,5
Mer – 2022	343,91	0.208	0.400	0.108	0.437	0,13

3.3 Data operasi PLTA Way Besai

Sampel data operasi yang di gunakan pada pukul 18:00 wib.

Tabel 2. Beban Generator Unit 1 dan Unit 2 PLTA Way Besai periode Oktober – Desember 2021

Tanggal	Oktober		November		Desember	
	Unit 1 (MW)	Unit 2 (MW)	Unit 1 (MW)	Unit 2 (MW)	Unit 1 (MW)	Unit 2 (MW)
1	18	18	45	6	35	18
2	10	10	6	6	6	6
3	18	18	3	3	45	18
4	18	18	35	35	35	18
5	35	35	35	18	45	45
6	45	18	35	18	18	18
7	45	45	35	35	35	35
8	18	18	18	18	18	35
9	18	18	45	45	45	45
10	45	45	45	45	45	45
11	45	45	18	18	35	35
12	45	18	9	9	45	45
13	18	18	45	45	45	45
14	35	18	35	35	45	18
15	6	6	18	35	45	45
16	45	45	45	45	45	45
17	10	10	45	45	35	35
18	45	45	45	35	18	35
19	45	45	45	18	18	18
20	35	18	45	18	18	18
21	35	18	45	45	18	18
22	35	35	45	45	35	18
23	35	35	35	18	45	18
24	18	18	45	45	45	45
25	18	18	18	18	45	45
26	35	35	45	45	45	45
27	18	18	45	18	45	45
28	6	6	45	18	45	18
29	35	35	45	45	10	10
30	45	18	35	35	18	18
31	35	35	-	-	18	18
Rata-Rata	30,35	25,22	35,16	29,56	33,7	29,67

Tabel 3. Beban Generator Unit 1 dan Unit 2 PLTA Way Besai periode Januari - Maret 2022

Tanggal	Januari		Februari		Maret	
	Unit 1 (MW)	Unit 2 (MW)	Unit 1 (MW)	Unit 2 (MW)	Unit 1 (MW)	Unit 2 (MW)
1	35	35	45	18	6	6
2	45	45	35	35	6	6
3	6	6	35	35	18	18
4	45	45	35	18	45	45
5	18	18	45	45	18	18
6	18	18	18	18	6	6
7	18	18	18	45	18	18
8	35	35	18	45	10	10
9	18	35	45	18	18	18
10	45	45	45	45	10	10
11	35	35	18	18	6	6
12	45	-	6	6	6	6
13	45	-	18	18	18	18
14	18	35	6	6	-	45
15	45	45	45	18	-	45
16	45	45	45	-	-	45
17	45	45	10	-	35	18
18	18	45	18	18	45	18
19	18	45	18	18	18	18
20	45	45	6	10	35	18
21	18	45	6	6	18	35
22	18	35	35	35	18	18
23	45	45	18	18	45	45
24	18	18	18	18	35	35
25	18	35	18	18	18	18
26	18	18	35	18	45	18
27	18	18	18	18	10	10
28	18	18	18	18	18	18
29	45	45	-	-	10	10
30	18	45	-	-	18	35
31	18	18	-	-	10	10
Rata-Rata	28,83	33,79	24,82	21,96	20,1	20,77

Tabel 4. Debit Air PLTA Way Besai Okt – Des 2021

Tanggal	Oktober		November		Desember	
	Unit 1 (m3/s)	Unit 2 (m3/s)	Unit 1 (m3/s)	Unit 2 (m3/s)	Unit 1 (m3/s)	Unit 2 (m3/s)
1	9,00	9,00	22,50	-	17,50	9,00
2	5,00	5,00	3,00	3,00	9,00	3,00
3	9,00	9,00	17,50	17,50	22,50	9,00
4	9,00	9,00	22,50	9,00	22,50	22,50
5	17,50	17,50	17,50	9,00	9,00	9,00
6	22,50	9,00	17,50	9,00	17,50	17,50
7	9,00	9,00	17,50	17,50	9,00	3,00
8	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
9	9,00	9,00	22,50	22,50	17,50	9,00
10	22,50	22,50	22,50	22,50	22,50	22,50
11	22,50	22,50	9,00	9,00	17,50	17,50
12	22,50	9,00	22,50	9,00	22,50	22,50
13	9,00	9,00	22,50	22,50	22,50	22,50
14	17,50	9,00	17,50	17,50	22,50	9,00
15	3,00	3,00	9,00	17,50	22,50	22,50
16	22,50	22,50	22,50	22,50	22,50	22,50
17	5,00	5,00	22,50	22,50	17,50	17,50
18	22,50	22,50	22,50	22,50	17,50	9,00
19	22,50	22,50	22,50	17,50	9,00	9,00
20	17,50	9,00	22,50	9,00	9,00	9,00
21	17,50	9,00	22,50	22,50	9,00	9,00
22	17,50	17,50	22,50	22,50	9,00	9,00
23	17,50	17,50	22,50	22,50	22,50	9,00
24	9,00	9,00	22,50	22,50	22,50	22,50
25	9,00	9,00	22,50	22,50	22,50	22,50
26	17,50	17,50	22,50	22,50	22,50	22,50
27	9,00	9,00	22,50	9,00	22,50	22,50
28	3,00	3,00	22,50	22,50	22,50	9,00
29	17,50	17,50	22,50	22,50	5,00	5,00
30	22,50	9,00	17,50	17,50	9,00	9,00
31	17,50	17,50	22,50	22,50	9,00	9,00
Rata-Rata	7,50	8,00	7,50	8,30	8,60	8,10

Tabel 5. Debit Air PLTA Way Besai Jan – Mar 2022

Tanggal	Januari		Februari		Maret	
	Unit 1 (m3/s)	Unit 2 (m3/s)	Unit 1 (m3/s)	Unit 2 (m3/s)	Unit 1 (m3/s)	Unit 2 (m3/s)
1	17,50	9,00	22,50	9,00	3,00	3,00
2	3,00	3,00	17,50	17,50	3,00	3,00
3	22,50	9,00	17,50	17,50	9,00	9,00
4	17,50	9,00	17,50	9,00	22,50	22,50
5	22,50	22,50	22,50	22,50	9,00	9,00
6	9,00	9,00	9,00	9,00	3,00	3,00
7	17,50	17,50	9,00	22,50	9,00	9,00
8	9,00	3,00	9,00	2,50	5,00	5,00
9	9,00	9,00	22,50	9,00	9,00	9,00
10	17,50	9,00	22,50	22,50	9,00	9,00
11	17,50	17,50	9,00	9,00	3,00	3,00
12	22,50	22,50	3,00	3,00	3,00	3,00
13	22,50	22,5	9,00	9,00	9,00	9,00
14	22,50	9,00	3,00	3,00	-	22,50
15	22,50	22,50	22,50	9,00	-	22,50
16	22,50	22,50	22,50	-	-	22,50
17	17,50	17,50	5,00	5,00	17,50	9,00
18	17,50	9,00	9,00	9,00	22,50	9,00
19	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
20	9,00	9,00	3,00	5,00	17,50	9,00
21	9,00	9,00	3,00	3,00	9,00	17,50
22	9,00	9,00	17,50	17,50	9,00	9,00
23	22,50	9,00	9,00	9,00	22,50	22,50
24	22,50	22,50	9,00	9,00	17,50	17,50
25	22,50	22,50	9,00	9,00	9,00	9,00
26	22,50	22,50	17,50	9,00	22,50	9,00
27	22,50	22,50	9,00	9,00	5,00	5,00
28	22,50	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
29	5,00	5,00	-	-	5,00	5,00
30	9,00	9,00	-	-	9,00	17,50
31	9,00	9,00	-	-	9,00	9,00
Rata-Rata	8,00	8,10	7,30	7,70	7,00	7,10

Perhitungan *Head losses penstock* PLTA Way Besai dengan metode formula hazen william.

Mencari bilangan reynold (Re)

V = kecepatan aliran (m/s)

$$V = Q / A \Rightarrow V = Q / (1/4 \pi D^2)$$

D = diameter pipa 3.8 (m)

$$\mu = \text{Viskonsitas dinamik (m2/s)} 1.0 \times 10^{-3} = 0,001 \text{ (N. s/m2)}$$

Maka nilai Re yang di dapat :

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu}$$

$$Re = 7372$$

3.4 Perhitungan hedloss Major
Formula hazen – williams

$$H_{lm} = \left(\frac{0}{0,2785 \cdot C_{hw} \cdot D^{2,63}} \right)^{1,85} \cdot L$$

C_{hw} = koefisien kekasaran pipa hazen william (tabel.1)

Q = Debit air (m³/s)

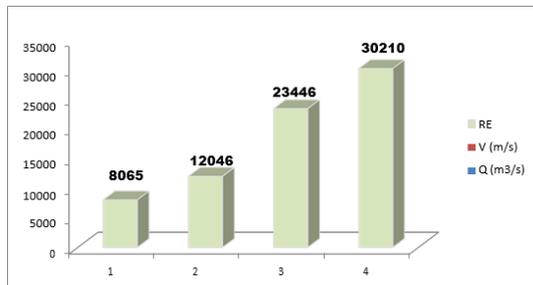
D = Diameter pipa (meter)

L = Panjang pipa (meter)

$$H_{lm} = 0,08 \text{ m}$$

Tabel 6. Perhitungan nilai kecepatan aliran fluida dan bilangan reynold.

NO	Q (m ³ /s)	V (m/s)	RE
1	6	2,12	8065
2	9	3,17	12046
3	17,5	6,17	23446
4	22,5	7,95	30210



Gambar 16. Diagram Perhitungan Renold (Re) debit air PLTA Way Besai

3.5 Perhitungan HL Minor (Headlosses minor)

HL = Head losses minor (m)

K = Nilai Koefisien gesekan dari belokan atau Sambungan

Untuk mencari nilai Koefisien gesekan dari belokan (K) digunakan rumus :

$$K = [0.131 + 1.847 \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} + \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5}$$

$$K = 2,17$$

$$HL \text{ minor} = HL$$

$$HL = \frac{K \cdot v^2}{2 \cdot g}$$

$$HL = 0,06 \text{ m}$$

Karena pada pipa pesat terdapat dua resude maka kehilangan energinya dikalikan dua sehingga :

$$Hf \text{ reduce} = 0,06 \times 2$$

$$Hf \text{ reduce} = 0,12 \text{ m}$$

3.6 Pehitungan Head Loss Total

$$\begin{aligned} H_t &= HL \text{ Major} + HL \text{ Minor} \\ &= 0,08 \text{ m} + 0,12 \text{ m} \\ &= 0,20 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan head efektif (Gross Head)

$$H_{\text{efektif}} = H_{\text{tersedia}} - H_{\text{loss}}$$

$$H_{\text{efektif}} = 225 - 2,20 = 224,8 \text{ meter}$$

3.7 Perhitungan Daya hidrolis air

PH = Daya hidrolis air (watt)

ρ = masa jenis air (kg/m³)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

Q = debit air yang masuk (m³/s)

H = tinggi jatuh air / elevasi (m)

Perhitungan Daya hidrolis Air (PH)

ρ = 1000 (rho air)

g = 9,8 m/s

Q = 9 m/s

H = 224 m

$$\begin{aligned} PH &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\ &= 19.827.360 \text{ watt} \end{aligned}$$

3.8 Daya Losses Penstock

PL = Daya losses penstock (watt)

ρ = masa jenis air (kg/m³)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

Q = debit air yang masuk (m³/s)

HT = Head losses total penstock (m)

Perhitungan Daya losses penstock

Maka nilai PL di dapat :

$$\begin{aligned} PL &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\ &= 17.640 \text{ watt} \end{aligned}$$

3.9 Perhitungan Daya masuk turbin

PT = Daya masuk turbin (watt)

PH = daya hidrolis air

PL = Daya losses penstock (watt)

$$PT = PH - PL$$

$$\begin{aligned} PT &= 19 \cdot 827.360 \text{ watt} - 17.640 \text{ watt} \\ &= 19 \cdot 809.720 \text{ watt} \end{aligned}$$

4.10 Perhitungan Efisiensi Penstock

η_p = Efisiensi penstock (watt)

PH = Daya hidrolis air (watt)

PT = Daya masuk Turbin (watt)

Maka nilai efisiensi penstock (η_p) di dapat :

$$\eta_p = \frac{P}{PH} \times 100\%$$

$$\eta_p = 0,99 = 99\%$$

4.11 Perhitungan Daya input generator PLTA Way Besai

$$P = Q \cdot g \cdot H$$

Maka :

$$P = 9 \cdot 9,8 \cdot 224,8$$

$$P = 19.827 \cdot 36 \text{ kw}$$

$$P = 19,8 \text{ MW}$$

4.12 Perhitungan Daya output Generator

$$P = k \cdot \eta \cdot H \cdot Q$$

$Q =$ Debit air (m^3/s)
 $H =$ efektif head (m)
 $\eta =$ Efisiensi turbin bersama generator
 $k =$ Konstanta

Maka :

$$P = k \cdot \eta \cdot H \cdot Q$$

$$P = 9,8 \cdot 0,9 \cdot 224,8 \cdot 9$$

$$P = 17,8 \text{ MW}$$

4.13 Perhitungan Efisiensi generator

$$\eta_{\text{total}} (\%) = \frac{\text{Daya output generator}}{\text{daya input generator}} \times 100\%$$

$$\eta_{\text{total}} = 89 \%$$

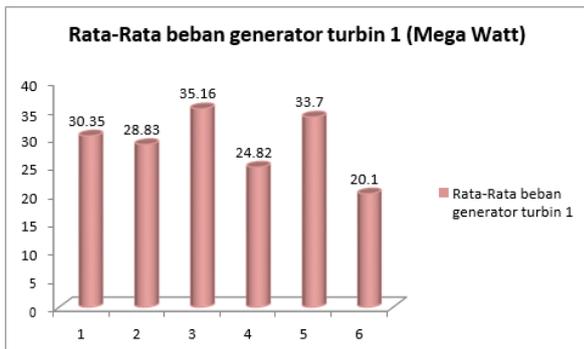
4.14 Perhitungan daya yang dibangkitkan generator

$$P = g \cdot Q \cdot H \cdot \eta_{\text{total}} \text{ (KW)}$$

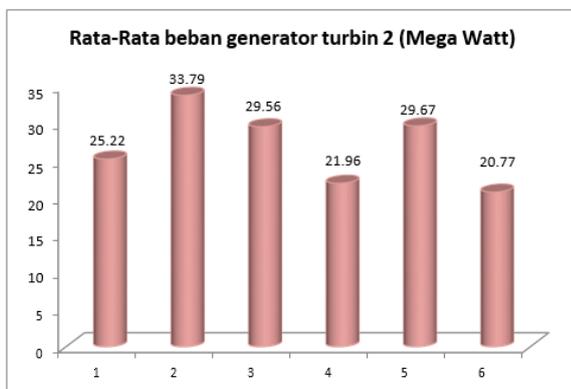
$$P = 9,8 \cdot 9 \cdot 224,4 \cdot 0,99$$

$$P = 17.614,951 \text{ KW}$$

$$P = 17,6 \text{ MW}$$



Gambar 17. Diagram generator Unit 1 periode oktober 2021 – maret 2022



Gambar 18. Diagram generator Unit 2 periode oktober 2021 – maret 2022

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dengan melihat hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat kita tarik kesimpulan sebagai berikut :

- Nilai tingkat erosi (sedimen) endapan lumpur yang ada terdapat di PLTA Way Besai masih relatif aman dikarenakan masih di bawah ambang batas bahaya sedimen.
- Efisiensi aliran pipa *penstock* yang terdapat pada plta way besai masih sangat baik di karenakan kinerja dari efisiensi *penstock* di atas 90% dan itu masih sangat baik dan sangat layak beroperasi.
- kinerja turbin dan generator PLTA Way besai masih sangat produktif dimana kinerja permasing masing turbin dapat menghasilkan daya sebesar 45 megawatt. pada debit air maksimum yaitu 17.50 m³/s pada beban puncak.
- 4 Produktivitas listrik yang di distribusikan PLTA Way Besai tergantung dari komsumsi daya listrik masyarakat dimana rata rata beban puncak terjadi pada waktu 17: 00 WIB sampai pukul 21:00 WIB. pada saat beban rendah produktivitas PLTA Way besai hanya mendistribusikan listrik kurang dari 45 megewatt permasing masing turbin.
- Dalam penelitian dan perhitungan hasil nilai Efisiensi Generator PLTA Way Besai masih sangat baik nilai efisiensi generator yang di dapat sebesar 89 %.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, pembahasan dan juga kesimpulan di atas. Peneliti ingin memberikan saran yang bertujuan untuk kebaikan dan kesetabilas produktivitas energi listrik yang di bangkitkan PLTA Way Besai yaitu :

- Menjaga area hijau di DAS hulu sungai untuk menjaga kesetabilan aliran sungai dan juga untuk meminimalisir tingkat erosi yang dapat menimbulkan pendangkalan area waduk intake / DAM. yang berpengaruh pada tingkat energi listrik yang dihasilkan PLTA WAay Besai.
- Mensosialisasi kepada masyarakat yang bertempat tinggal di area DAS PLTA Way Besai maupun area hulu sungai tentang pentingnya menjaga hutan untuk keberlangsungan hidup dan juga menjaga hutan dari perubahan lahan menjadi perkebunan kopi atau rumah tinggal penduduk karena akan berdampak kepada ketersediaan debit air dan juga erosi tanah yang membuat aliran sungai menjadi dangkal.
- Menindas tegas oknum-oknum masyarakat yang melakukan penebangan pohon secara liar di area hutan DAS PLTA Way Besai.
- Melakukan maintenance pengalihan terhadap area reservoir / intake DAM untuk menjaga agar debit air PLTA Way Besai tetap terpenuhi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Yudhapraja and A. S. Prayogi, "ANALISA GEJALA KERUSAKAN TRANSFORMATOR BERDASARKAN DISSOLVED GAS ANALYSIS PEMBANGKIT PLTA WAY BESAI," in *Prosiding Seminar Nasional NCIET*, 2020, pp. 13–23. Accessed: May 27, 2024. [Online]. Available: <http://www.conf.nciet.id/index.php/nciet/article/view/16>
- [2] D. Jokowiarno and D. I. Kusumastuti, "KETERSEDIAAN AIR DAN SEDIMENTASI DI BENDUNGAN WAY BESAI," 2018, Accessed: May 27, 2024. [Online]. Available: <http://repository.lppm.unila.ac.id/10171/>
- [3] A. Maryanto, K. Murtiaksano, and L. M. Rachman, "Perencanaan Penggunaan Lahan Dan Pengaruhnya Terhadap Sumberdaya Air Di DAS Way Besai-Lampung," *J. Penelit. Kehutan. Wallacea*, vol. 3, no. 2, pp. 85–95, 2014.
- [4] D. G. Winandar, "Analisis Pengaruh Debit Air Terhadap Efisiensi Plta Wonogiri," PhD Thesis, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2021. Accessed: May 27, 2024. [Online]. Available: <https://eprints.ums.ac.id/id/eprint/89911>
- [5] M. L. Hakim, N. Yuniarti, S. Sukir, and E. S. Damarwan, "Pengaruh Debit Air Terhadap Tegangan Output Pada Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro," *J. Edukasi Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 75–81, 2020.
- [6] R. T. Jurnal, "ANALISIS HEAD LOSSES PADA PENSTOCK UNIT III DI PERUM JASA TIRTA II UNIT JASA PEMBANGKIT PLTA IR. H. DJUANDA: Eko Sulistiyo, Utami Wahyuningsih, M. Arif Rahman Sutisna," *J. Powerpl.*, vol. 6, no. 1, pp. 19–25, 2018.
- [7] B. Suherman, A. Luwihono, and S. Rasyid, *Buku Ajar Konversi Energi Listrik*. Yayasan Kita Menulis, 2022.
- [8] P. D. Sugiyono, "Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D (Vol. 8)," *Alf. Bdg.*, 2012.