

ANALISIS PENGARUH DEBIT AIR DAN KETINGGIAN AIR TERHADAP BESAR DAYA YANG DIHASILKAN OLEH PLTMH TEPAL I PADA SAAT MUSIM KEMARAU

Yudha Fitrawansyah^{1*}, Ady Purnama², Komang Metty Trisna Negara²,

¹Mahasiswa Teknik Sipil, Universitas Samawa, Sumbawa Besar, NTB, Indonesia

²Dosen Teknik Sipil Universitas Samawa, Sumbawa Besar, NTB, Indonesia

*Email : yfitrawansyah@gmail.com

Abstrak: PLTMH Tepal I merupakan salah satu pemanfaatan mikrohidro yang terletak di Dusun Tepal, Desa Tepal, Kecamatan Batulanteh, Kabupaten Sumbawa, NTB. Tipe Pembangkit listrik PLTMH Tepal I ini adalah *Run-Of The-River*. Tujuan dari penelitian ini yaitu: Dapat Mengetahui besar daya yang dihasilkan PLTMH Tepal I pada saat musim kemarau. Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, untuk menghitung debit air yakni menggunakan metode apung, Pengukuran Beda Tinggi Dengan Menggunakan pesawat Theodolite Pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan pengukuran langsung dilapangan. Dari hasil pengamatan, pengukuran dan perhitungan maka didapat debit air yang dihasilkan oleh PLTMH Tepal I sebesar 0.106 m³/detik. Dengan tinggi jatuh efektif sebesar 25.79455 meter, sehingga dengan hasil perhitungan debit aliran dan beda tinggi jatuh air maka energi yang dihasilkan oleh PLTMH Tepal I sebesar 21.458 Kw.

Kata Kunci: *PLTMH, Run-Of The-River, Debit, Beda Tinggi, Daya.*

Pendahuluan

Kondisi geografis wilayah Kecamatan Batulanteh Kabupaten Sumbawa Nusa Tenggara Barat, yang penyebaran infrastrukturnya yang tidak merata merupakan kendala utama untuk menambahkan jaringan distribusi listrik PLN ke setiap pelosok daerahnya. Selain faktor geografis, kendala lainnya adalah investasi jaringan listrik yang mahal, daya beli masyarakat yang rendah dan kapasitas sistem kelistrikan yang terbatas. Oleh karena itu, masih banyak dijumpai masyarakat pedesaan yang tinggal di daerah terpencil belum dapat terlayani layanan listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan salah satu alternatif solusi yang dapat mengatasi masalah tersebut. Kondisi PLTMH Tepal I saat ini mengalami beberapa perubahan fisik di beberapa komponen diantaranya: bendung, kolam penenang, pipa pesat, rumah turbin, dan saluran pembuang. Disamping itu terdapat komponen yang tidak dibangun seperti saluran penghantar. Pada saat musim kemarau PLTMH Tepal I juga sering mengalami nyelepek (tidak mampu mengangkat beban pemakaian) dikarenakan debit airnya yang kurang, selain itu adanya tumpukan sedimentasi sehingga mengurangi daya tampung air dalam bendungan PLTMH Tepal I

Dalam Analisis ini agar pembahasan dapat terfokus dan tidak melebar dari sustansi permasalahan, maka batasannya sebagai berikut:

- a) Data debit hanya diambil pada satu musim yaitu musim kemarau dengan data curah hujan tidak diperhitungkan dan penelitian ini tidak dilakukan pada saat musim hujan dikarenakan volume debit air yang dibutuhkan mencukupi untuk membangkit daya pemakaian PLTMH Tepal I.
- b) Tidak dilakukan analisis detail terhadap komponen Elektrikal dan Mekanikal.
- c) Analisa ekonomi tidak dibahas dalam Laporan Skripsi ini.

Pltmh

PLTMH Merupakan singkatan dari Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro atau dalam bahasa inggrisnya Micro Hydro Power (MPH). PLTMH adalah suatu pembangkit listrik dengan menggunakan sumber energi dari tenaga air. Mikro menunjukan ukuran kapasitas pembangkit, yaitu antara 500 Watt – 100 kilo Watt (menurut UNIDO, sedangkan menurut Permen ESDM tahun 2002 berkapasitas < 1 MW). Mikro Hidro merupakan sebuah istilah yang terdiri dari kata mikro yang berarti kecil dan hidro yang berarti air. Secara teknis, mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu air (sebagai sumber energi), Turbin dan generator. Mikro hidro mendapatkan energi dari aliran air yang memiliki perbedaan ketinggian tertentu. Pada dasarnya, mikrohidro memanfaatkan energi potensial jatuhan air (*head*). Semakin tinggi jatuhan air maka semakin besar energi potensi air yang dapat diubah menjadi energi listrik. (Putra et al., 2018)

Debit adalah banyaknya air yang mengalir tiap satuan waktu, dengan satuan m³. Sehingga hubungan antara luas penampang saluran dengan kecepatan aliran ditulis:

$$Q = A \cdot V \quad (1)$$

Luas penampang diukur menggunakan dengan menggunakan meteran dan piskal (tongkat bambu atau kayu). (Purnama, 2018) untuk menghitung luas penampang dapat dihitung dengan persamaan:

$$A = L \cdot H \quad (2)$$

Pengukuran terhadap kecepatan aliran saluran untuk menghitung kecepatan aliran dapat dihitung dengan persamaan:

$$V = L / t \cdot c \quad (3)$$

Maka debit aliran saluran dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q = K \cdot A \cdot V_{rata-rata} \quad (4)$$

Tinggi Jatuh Air (*Head*)

Head merupakan tinggi jatuh air dari posisi tertinggi menuju posisi terendah. Tinggi jatuh tersebut menentukan seberapa besar energi potensial air yang berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan PLTMH. Persamaan tinggi jatuh efektif :

$$H_{eff} = E_{MAW} - TWL - h_l \quad (5)$$

Kehilangan Tinggi Terjun (*head loss*)

Perhitungan kehilangan energi pada intake kemudian saluran hingga saluran pembuangan merupakan salah satu tahapan yang diperlukan dalam penentuan tinggi jatuh efektif maupun daya yang dapat dibangkitkan. (Maali, 2017)

Kecepatan aliran dalam pipa

Daya yang Dihasilkan

Daya yang dapat dipakai diperhitungan terhadap overall efisiensi. Tenaga listrik yang dapat dibangkitkan dihitung dengan rumus:

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_{eff} \cdot \eta \quad (6)$$

Metode

PLTMH Tepal I merupakan salah satu pemanfaatan mikrohidro yang terletak di Dusun Tepal, Desa Tepal, Kecamatan Batulanteh, Kabupaten Sumbawa, NTB. Kecamatan

Batulanteh Sendiri termasuk kawasan dataran tinggi. Kondisi *topografi* Desa Tepal adalah +860 m Dpl dengan kondisi lahan khas pegunungan.

Pengumpulan Data yang diperlukan dalam penyusunan penelitian ini antara lain:

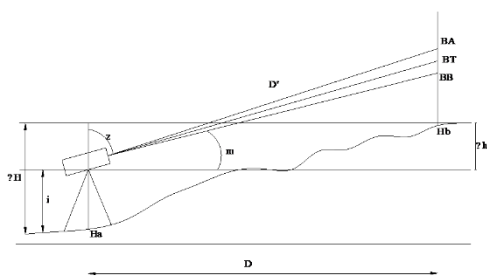
Data Pengukuran Debit

Pengukuran kecepatan aliran menggunakan metode pelampung yaitu dengan membagi penampang melintang sungai menjadi beberapa bagian (pias) horizontal yang beraturan, kecepatan aliran ditentukan dengan mencari kecepatan rata-rata dari penjumlahan beberapa bagian (pias) tersebut.

Data pengukuran Ketinggian (*Head*)

Data pengukuran Ketinggian (*Head*) diperoleh dengan cara mengukur perbedaan elevasi ketinggian pipa pesat dengan menggunakan alat bantu pengukuran pemetaan (Theodolite).

Analisis Pengukuran Ketinggian Dalam hal analisis ini bertujuan mengetahui berapa perbedaan tinggi/elevasi dari tinggi jatuh air (*head*).



Dengan :

$$D' = 100 (BA - BB) \cos z$$

$$D = D' \cos z$$

$$= 100 (BA - BB) \cos^2 z$$

$$\Delta h = D' \cos m$$

$$= 100 (BA - BB) \cos z \cdot \sin m$$

$$= 100 (BA - BB) \sin m \cdot \cos m$$

$$\Delta H = \Delta h + i - BT$$

$$Hb = Ha + \Delta H$$

keterangan :

D	= jarak mendatar	m	= sudut miring
D'	= jarak optis	z	= sudut zenith
BA	= benang atas	i	= tinggi alat
BT	= benang tengah	Ha	= elevasi A
BB	= benang bawah	Hb	= elevasi B
Δh	= beda tinggi T0 ke BT rambu	ΔH	= beda tinggi elevasi A dan B

Hasil Dan Pembahasan

Luas Penampang Sungai

Tabel 1. Pengukuran luas penampang Sungai

Pias No.	Lebar Pias (B) (m)	Kedalaman Basah (H) (m)	A _{pias} = B x H (m ²)
1	2,05	0,30	0,62
2	2,05	0,25	0,51
3	2,05	0,30	0,62
4	2,05	0,35	0,72
Luas penampang Saluran, A =			2,46

Jadi total luas penampang Saluran adalah total dari luas penampang setiap pias:
 pias 1 (0,62) + pias 2 (0,51) + pias 3 (0,62) + pias 4 (0,72) = 2,46 Maka hasil
 perhitungan luas penampang sungai adalah = 2,46 m²

Kecepatan Aliran Sungai

Tabel 2. Kecepatan Aliran Air

Pengukuran Pias	Panjang Saluran (L)	Waktu Tempuh (t)	Kecepatan $V = L/t$
No.	(m)	(det)	(m/det)
1	10	106	0,094
2	10	72	0,139
3	10	78	0,128
4	10	113	0,088
Jumlah Rata-rata Kecepatan Aliran =			0,11

sehingga dalam perhitungan untuk mencari kecepatan rata-rata seluruhnya adalah dengan menggunakan persamaan 3 yaitu:

$$V = L / t \cdot c$$

$$V = 0,11 \text{ m/d} \times 0,65 = 0,0715 \text{ m/d}$$

Maka untuk menghitung debit aliran sungai dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 4 sebagai berikut:

$$Q = K \cdot A \cdot V_{\text{rata-rata}}$$

$$Q = 0,6 \times 2,46 \text{ m}^2 \times 0,0715 \text{ m/d} = 0,106 \text{ m}^3/\text{d}$$

Jadi hasil perhitungan rata-rata debit aliran sungai dengan cara mengalikan nilai koefisien K (0,6) dengan luas penampang basah sungai = 2,46 m² dan kecepatan rata-rata aliran 0,0715 m/detik. Maka hasil perhitungan debit air adalah **0,106 m³/detik**.

Hasil Pengukuran dan Perhitungan Tinggi Jatuh (*Head*)

Tabel 3. Hasil Pengukuran Theodolite

Titik / Posisi alat	Target	Tinggi	Bacaan Benang		Bacaan Sudut						Jarak	Beda Tinggi
		Alat	Tengah	Atas	Bacaan Vertikal			Bacaan Horizontal				
				Bawah								
		(cm)	(cm)	(cm)	[... ']	[... ']	[... "]	[... ']	[... ']	[... "]	(m)	(cm)
P1	P2	105	105	115,8	76	27	06	86	23	18	20	
				94,2								
P2	P3	55	55	68	75	25	56	342	37	22	26	
				42								
P3	P4	80	80	91	57	26	13	342	37	03	17.8	
				69								
P4	P5	97	97	149,6	71	44	10	352	37	03	100	
				44,4								

Perhitungan :

Perhitungan sudut

Sudut vertikal dan horizontal yang terbaca dipesawat terlebih dahulu diubah ke dalam bentuk sudut decimal: Contoh pada *Titik P1 ke P2*

Vertikal :

$$76^\circ 27'06'' = 76^\circ + \left(\frac{27}{60}\right)' + \left(\frac{06}{3600}\right)''$$

$$= 76 + 0,45 + 0,002 = 76,452^\circ \longrightarrow \text{Sehingga Sudut zenith} \\ = 90^\circ - 76,452^\circ = 13,548^\circ$$

Horizontal :

$$86^\circ 23'18'' = 86^\circ + \left(\frac{23}{60}\right)' + \left(\frac{18}{3600}\right)'' \\ = 76 + 0,383 + 0,005 = 86,388^\circ \longrightarrow \text{Sehingga Sudut miring} \\ = 90^\circ - 86,388^\circ = 3,612^\circ$$

Tabel 4. Besar Sudut Bacaan Theodolite

Titik	Sudut Vertical (z)	Sudut Horizontal (m)
P1 > P2	13,548°	3,612°
P2 > P3	14,567°	17,377°
P3 > P4	32,563°	17,382°
P4 > P5	18,264°	7,382°

Perhitungan Jarak Optis dan Beda Tinggi

Titik P1 ke P2

$$D' \text{ (Jarak Optis)} = 100 (BA - BB) \cos z \\ = 100 (1,158 - 0,942) \cos 13,548^\circ \\ = 100 \times (0,216) \times 0,972 = 20,995 \text{ m}$$

$$D \text{ (Jarak Mendatar)} = D' \cos z \\ = 100 (BA - BB) \cos^2 z \\ = 100 (1,158 - 0,942) \cos (13,548^\circ)^2 \\ = 100 \times (0,216) \times (0,972)^2 = 20,407 \text{ m}$$

$$\Delta h \text{ (Beda Tinggi Alat & titik B)} = D' \sin m \\ = 100 (BA - BB) \cos z \cdot \sin m \\ = 100 \times (1,158 - 0,942) \cos 13,548^\circ \times \sin 3,612^\circ \\ = 100 \times (0,216) \times 0,972 \times 0,063 = 1,323 \text{ m}$$

$$\Delta H = \Delta h \text{ (Beda Tinggi Alat & titik B)} + i \text{ (Tinggi Alat)} - BT \text{ (Benang Tengah)} \\ = 1,323 + 1,050 - 1,050 \\ = \mathbf{1,323 \text{ m}}$$

$$H_b \text{ (Ketinggian Titik B)} = H_a + \Delta H \text{ (Beda Tinggi Titik Awal Alat dan Tembakan)}$$

$$H_b = 0 + 1,323 = \mathbf{1.323 \text{ (meter)}}$$

Tabel 5. Jarak Optis dan Jarak Datar

Titik	Jarak Optis	Jarak Datar
P1 > P2	20,995	20,407
P2 > P3	25,168	24,564
P3 > P4	18,524	18,433
P4 > P5	99,94	94,943
TOTAL	164,627	158,347

Tabel 6. Beda Tinggi (Hasil Tembakan Theodolite)

Titik	Ketinggian (m)	Total (m)
P1	0	0
P1 > P2	1,323	1,323
P2 > P3	7,525	8,848
P3 > P4	5,539	14,387
P4 > P5	12,792	26,179
Total Ketinggian Pipa Pesat		26,179

Perhitungan Kehilangan Tinggi Terjun (*Head Loss*)

Untuk menghitung Luas penampang pipa Kecepatan aliran dalam pipa dapat menggunakan persamaan 10 dan persamaan 11 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 & V &= \frac{Q}{A} \\
 &= \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 0,82^2 & &= \frac{0,106}{0,433} \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times 0,6724 & &= 0,245 \text{ m/dt} \\
 &= 0,433 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Kehilangan energi akibat *Mayor Losses*

Gesekan dinding *penstock*

$$\begin{aligned}
 h_e &= f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \\
 h_e &= 0,015 \times \frac{164,627}{0,82} \times \frac{0,245^2}{2 \times 9,81} = 0,009 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kehilangan energi akibat *Minor Losses*

Penyaring kotoran (*trashrack*)

$$\begin{aligned}
 h_e &= K \times \left(\frac{t}{b}\right)^{3/4} \times \frac{V^2}{2g} \times \sin a \\
 h_e &= 2,42 \times \left(\frac{164,627}{0,82}\right)^{3/4} \times \frac{0,245^2}{2 \times 9,81} \times \sin 75 \\
 &= 2,42 \times \left(\frac{164,627}{0,82}\right)^{3/4} \times \frac{0,0601}{19,62} \times 0,966 = 0,375 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Inlet penstock

$$\begin{aligned}
 h_e &= k \times \frac{V^2}{2g} \\
 h_e &= 0,05 \times \frac{0,245^2}{2 \times 9,81} = 0,05 \times \frac{0,0601}{19,62} = 0,05 \times 0,003 = 0,00015 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Belokan

$$\begin{aligned}
 h_e &= k_b \times \frac{V^2}{2g} \\
 &= 0,05 \times \frac{0,245^2}{2 \times 9,81} = 0,05 \times \frac{0,0601}{19,62} = 0,05 \times 0,003 = 0,00015 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Outlet penstock

$$\begin{aligned}
 h_e &= k \times \frac{V^2}{2g} \\
 &= 0,05 \times \frac{0,245^2}{2 \times 9,81} = 0,05 \times \frac{0,0601}{19,62} = 0,05 \times 0,003 = 0,00015 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Total Kehilangan Tinggi Terjun (*Head Loss*)

$$= 0,009 \text{ m} + 0,375 \text{ m} + 0,00015 \text{ m} + 0,00015 \text{ m} + 0,00015 \text{ m} = \mathbf{0,38445 \text{ m}}$$

Jadi hasil total tinggi terjun efektif adalah Tinggi terjun pipa pesat dikurangi Total Kehilangan tinggi terjun, adalah = 26,179 – 0,38445 = **25,79455 meter**

Perhitungan daya yang dihasilkan dapat dihitung menggunakan persamaan 6 sebagai berikut:

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_{\text{eff}} \cdot \eta$$

$$= 1000 \times 9,81 \times 0,106 \times 25,79455 \times 0,80 = 21458,177 \text{ Watt} = \mathbf{21,458 \text{ Kw}}$$

Daya yang dapat dihasilkan oleh PLTMH Tepal I pada saat musim kemarau adalah = **21,458 Kw**

Kesimpulan

Dari hasil analisis pengukuran dan perhitungan berdasarkan debit air pada musim kemarau dan tinggi jatuh efektif PLTMH Tepal I Membangkitkan daya sebesar 21,458 Kw, sehingga pengaruh debit dan ketinggian dengan daya yang dihasilkan adalah debit kecil dengan ketinggian jatuh air yang tinggi bisa menghasilkan daya yang besar begitu juga dengan debit air yang besar dengan ketinggian jatuh yang relatif rendah dapat menghasilkan daya yang besar juga.

DAFTAR PUSTAKA

- SNI, & Nasional, B. S. (2013). *Perancangan kapasitas dan layout sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro jenis c ross-flow sampai dengan daya terbangkit 25 kW*. SNI 7931:2(ICS: 27.140).
- Purnama, A. (2018). *Panduan Praktikum Hidraulika*. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Samawa. Sumbawa besar:Pusristek
- Desdm.ntbprov. (n.d.). *Data lokasi pembangunan pltmh di provinsi ntb*. 1–3. [https://desdm.ntbprov.go.id/dokumen_file/Data Lokasi PLTMH se NTB.pdf](https://desdm.ntbprov.go.id/dokumen_file/Data%20Lokasi%20PLTMH%20se%20NTB.pdf)
- Maali, N. (2017). *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Kepung Kabupaten Kediri*. 96. <http://repository.its.ac.id/47366/>
- Ointu, S., Surusa, F. E. P., & Zainuddin, M. (2020). Studi Perencanaan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Berdasarkan Potensi Air yang Ada di Desa Pinogu. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 2(2), 30–38. <https://doi.org/10.37905/jjee.v2i2.4618>
- Purnama, A. (2018). Analisis Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh) Tinjauan Teknis. *Jurnal Riset Kajian Teknologi Dan Lingkungan*, 1(2), 124–130.
- Putra, I. G. W., Weking, A. I., & Jasa, L. (2018). Analisa Pengaruh Tekanan Air Terhadap Kinerja PLTMH dengan Menggunakan Turbin Archimedes Screw. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 17(3), 385. <https://doi.org/10.24843/mite.2018.v17i03.p13>
- Sakban, S. (2018). *Tinjauan Ulang Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh) Kumbi Di Desa Lebah Sempage Kecamatan Narmada Kabupaten Lombok Barat*.
- Negara, K. M. T., Wardana, I. N. G Widhiyanuriyawan, D., & Hamidi, N. (2018). Harvesting Energi Pada Permukaan Daun Colocasia Esculenta L . Dengan Water Droplet. *Prosiding Konferensi Nasional Engineering Perhotelan IX - 2018*, 189–194.