

PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO DESA BINAGARA KECAMATAN WASILE KABUPATEN HALMAHERA TIMUR

Zulkarnain K. Misbah^{a*}, Edward Rizky Ahadian^b
^{a,b}, Universitas Khairun, Ternate, Indonesia

Article history
Received
3 September 2019
Received in revised form
25 September 2019
Accepted
September 2019

*Corresponding author
zulkarnainmisbah@gmail.com

Graphical abstract



Abstract

One of the natural potentials that has not been well utilized for PLTMH is the river. In East Halmahera Regency, where this Regency is one area that has many large and small rivers. This is a good potential for electrical energy for development in rural areas, such as in Binagara Village, Wasile District, East Halmahera Regency. This study uses the frequency distribution method and is tested using a probability test to calculate rainfall. The buoy method for calculating river discharge. The rational method, the Kirpich method, and the Mononobe method for calculating flood discharge. Flow Characteristic method to calculate the mainstay discharge and Terzaghi method to calculate the carrying capacity of the soil. From the results of the study it can be concluded the river discharge available at the PLTMH village Binagara $Q_{\text{sungai}} = 0.66 \text{ m}^3 / \text{sec}$ with reliable discharge $Q_{\text{reliability}} = 0.64 \text{ m}^3 / \text{sec}$ and effective fall height (Head) $H = 8$ meters with the amount of power generated $P_{\text{net}} = 16.23 \text{ kW}$. The civil construction that was designed was Weir / Dam with $Be = 9.14 \text{ m}$, $H = 1.00 \text{ m}$ and Height of the flood water surface at Hick (H_e) = 5.00 m , for intake hole dimensions are $b = 2 \text{ m}$ and $a = 1.20 \text{ m}$. Sediment channel design with mud volume of 698.36 m^3 for 7 days drainage period, channel dimensions $L = 34 \text{ m}$ and $B = 4 \text{ m}$. The rapid pipe diameter design (Penstock) is $d = 0.8 \text{ m}$ with a speed of $4.59 \text{ m}^3 / \text{sec}$. For the design of the palm foundation, the ultimate bearing capacity is soil (q_u) = $10.81 \text{ kg} / \text{m}^2$ and the safety factor (q_a) is $3.60 \text{ kg} / \text{m}^2$. The number of homes with electricity was 129 houses.

Keywords— PLTMH, Height of Fall (Head), Rising Power (Watts)

Abstrak

Salah satu potensi alam yang belum dimanfaatkan dengan baik untuk PLTMH yaitu sungai. Di Kabupaten Halmahera Timur, dimana Kabupaten ini adalah merupakan salah satu daerah yang memiliki banyak sungai besar maupun kecil. Hal ini merupakan potensi energi listrik yang bagus untuk pembangunan di daerah pedesaan, seperti di Desa Binagara Kecamatan Wasile Kabupaten Halmahera Timur. Penelitian ini menggunakan metode distribusi frekuensi dan di uji menggunakan uji probabilitas untuk menghitung curah hujan. Metode pelampung untuk menghitung debit sungai. Metode rasional, metode Kirpich, dan metode Mononobe untuk menghitung debit banjir. Metode *Flow Characteristic* untuk menghitung debit andalan dan metode Terzaghi untuk menghitung kapasitas daya dukung tanah. Dari hasil penelitian maka dapat ditarik kesimpulan debit sungai yang tersedia pada PLTMH desa Binagara $Q_{\text{sungai}} = 0,66 \text{ m}^3/\text{det}$ dengan debit andalan $Q_{\text{andalan}} = 0,64 \text{ m}^3/\text{det}$ dan tinggi jatuh efektif (Head) $H = 8$ meter dengan besar daya yang dibangkitkan $P_{\text{net}} = 16,23 \text{ kW}$. Konstruksi sipil yang didesain adalah Bendung/Dam dengan $Be = 9,14 \text{ m}$, $H = 1,00 \text{ m}$ dan Tinggi Muka air banjir di udik (H_e) = $5,00 \text{ m}$, untuk dimensi lubang intake adalah $b = 2 \text{ m}$ dan $a = 1,20 \text{ m}$. Desain saluran pengendap dengan volume lumpur sebesar 698.36 m^3 periode pengurusan 7 hari, dimensi saluran $L = 34 \text{ m}$ dan $B = 4 \text{ m}$. Desain diameter pipa pesat (Penstock) adalah $d = 0,8 \text{ m}$ dengan kecepatan $4,59 \text{ m}^3/\text{det}$. Untuk desain pondasi telapak kapasitas dukung ultimit tanah (q_u) = $10,81 \text{ kg}/\text{m}^2$ dan faktor keamanan (q_a) $3,60 \text{ kg}/\text{m}^2$. Jumlah rumah yang teraliri listrik sebanyak 129 rumah.

Kata kunci— PLTMH, Tinggi Jatuh (Head), Daya Bangkit (Watt)

1.0 INTRODUCTION

Indonesia adalah salah satu Negara kepulauan dan memiliki jumlah pulau yang banyak di dunia, sehingga kebutuhan akan energi listrik sangatlah besar, baik untuk konsumsi rumah tangga atau perorangan maupun untuk kegiatan usaha. Keterbatasan Perusahaan Listrik Negara (PLN) sebagai Badan Usaha Milik Negara (BUMN) dalam menopang atau menyediakan kebutuhan listrik di Indonesia adalah menunjukkan bahwa PLN belum mampu memenuhi keseluruhan kebutuhan listrik secara nasional, maupun regional di Maluku Utara. Dikatakan PLN belum mampu memenuhi keseluruhan kebutuhan listrik dikarenakan aliran listrik yang dibatasi oleh PLN pada sebagian wilayah yang berada di daerah Kabupaten Halmahera Timur menyebabkan aktifitas masyarakat dalam kegiatan usaha atau keseharian mereka menjadi terganggu. Melihat kondisi yang terjadi, maka perlu dicari solusi sumber energi yang dapat memenuhi kebutuhan akan listrik tersebut. Salah satu yang dapat dilakukan yaitu merencanakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro adalah sangat penting dalam membantu pemerintah daerah untuk menanggulangi krisis energi yang sedang terjadi saat ini. Dimana, hal tersebut akan dapat meningkatkan rasio ketersediaan pasokan kelistrikan pada daerah-daerah terpencil di provinsi Maluku Utara. Konstruksi desain Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah salah satu Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yang berskala kecil dengan kapasitas kurang dari 500 Kilo Watt (KW) yang menggunakan tenaga air sebagai penggeraknya.

Salah satu potensi alam yang belum dimanfaatkan dengan baik untuk PLTMH yaitu sungai. Di Kabupaten Halmahera Timur, dimana Kabupaten ini adalah merupakan salah satu daerah yang memiliki banyak sungai besar maupun kecil. Hal ini merupakan potensi energi listrik yang bagus untuk pembangunan di daerah pedesaan, seperti di Desa Binagara Kecamatan Wasile Kabupaten Halmahera Timur. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) sangat tergantung dengan debit air yang mengalir di sungai. Kuantitas air yang mengalir menentukan kapasitas dari PLTMH. Debit air pada suatu sungai dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti curah hujan dan luas area resapan disekitar sungai. Melalui analisis hidrologi diperoleh debit andalan. Debit andalan digunakan untuk menghitung potensi suatu lokasi.

Debit andalan adalah debit yang tersedia sepanjang tahun dengan besarnya resiko kegagalan tertentu. Untuk PLTA umumnya dipakai peluang 97,30% karena dalam 1 tahun biasanya turbin dan generator akan mengalami turun mesin (*overhaul*) selama 10 hari. Dengan demikian, dalam 1 tahun PLTA beroperasi efektif selama 355 hari. Buku debit Sebuah skema mikro hidro memerlukan dua hal yaitu debit air dan ketinggian jatuh biasa disebut "*head*" untuk menghasilkan tenaga yang bermanfaat. Ini adalah sebuah sistem konversi tenaga, menyerap tenaga dari bentuk ketinggian dan aliran, dan menyalurkan tenaga dalam bentuk daya listrik atau daya gagang mekanik. pedoman

Terdapat banyak metode pengukuran debit air. Sistem konversi energi air skala besar pengukuran debit dapat berlangsung bertahun-tahun. Sedangkan untuk sistem konversi energi air skala kecil waktu pengukuran dapat lebih pendek, misalnya untuk beberapa musim yang berbeda saja (WIBAWA, U. 2006). Prinsip pelaksanaan pengukuran debit adalah mengukur luas penampang basah, kecepatan aliran dan tinggi muka air tersebut.

2.0 METODE PENELITIAN

A. Waktu Dan Lokasi Penelitian

Lokasi dan waktu penelitian dilaksanakan di Desa Binagara, Kecamatan Wasile Selatan, Kabupaten Halmahera Timur, secara geografis dengan letak astronomi berada di garis ekuador dan iklim tropis yang hanya memiliki dua musim yaitu musim hujan dan kemarau. Mayoritas masyarakat Kecamatan Wasile Selatan dalam melakukan aktivitas ialah bercocok tanam, dengan waktu penelitian dilaksanakan selama 6 bulan sejak pengambilan data sampai analisis hasil perhitungan yaitu pada pertengahan bulan Februari 2018 sampai dengan bulan Juli 2018

B. Teknik Pengumpulan Data

Terdapat dua pengambilan data yang dikumpulkan agar pelaksanaan dan keputusan yang diterapkan menjadi efisien. Data yang diperoleh berupa:

1. Data primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil observasi, yaitu pengamatan langsung terhadap lokasi penelitian dan subjek penelitian. Data primer yang dikumpulkan yaitu:

Data tinggi jatuh air (head efektif)

Untuk tinggi jatuh air digunakan pengukuran *waterpass* dari rumah turbin sampai dengan bangunan bendung.

Data debit sungai

Langkah-langkah pengukuran sebagai berikut:

- Pengukuran dilakukan pada aliran sungai yang lurus.
- Jarak pengaliran pelampung harus lebih besar dari lebar sungai. Dimana jarak antara tiap titik penampang adalah 15 meter sedangkan lebar sungai 7,80 meter. Dalam satu titik penampang terdapat 3 titik pengukuran yaitu pada bagian sisi kanan sungai, tengah dan sisi kiri sungai.
- Mengukur lebar dan kedalaman sungai.
- Melepaskan pelampung dari titik penampang A ke B.
- Mencatat waktu yang diperlukan pelampung untuk mencapai titik B menggunakan *stopwatch*.
- Pengukuran dibuat 3 kali pada titik penampang yang berbeda.

C. Teknik Analisa Data*Desain dasar komponen sipil*

Tahapan desain bendung dan bangunan pengalih (*intake*) yaitu:

- Penentuan elevasi mercu bendung
- Penentuan panjang mercu bendung
- Penentuan lebar lubang dan pilar pembilas
- Perhitungan panjang mercu bendung efektif
Panjang mercu bendung efektif dihitung dengan menggunakan rumus berikut.

$$B_e = B_b - 2(n \times K_p + K_a) H_e \quad (1)$$

Keterangan:

B_e = Panjang mercu bendung efektif, m

B_b = Panjang mercu bendung bruto, m

K_p = Koefisien kontraksi pilar = 0,01

K_a = Koefisien kontraksi pangkal bendung = 0,10

H_e = Tinggi energi, m

5. Perhitungan tinggi muka air banjir di udik bendung

Elevasi muka air banjir di udik bendung dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$Q_d = C \times B_e \times H_e^{3/2} \quad (2)$$

Namun perhitungan dilakukan menggunakan cara *trial* dan *error* dengan rumus berikut.

$$H_e = (Q_d / C \times B_e)^{2/3} \quad (3)$$

Keterangan:

Q_d = Debit sungai rencana, m³/det

C = Koefisien debit pelimpah

B_e = Panjang mercu bendung efektif, m

H_e = Tinggi energi, m

6. Bentuk *intake* dan dimensi lubang *intake*

Intake di desain dengan bentuk biasa tipe saringan dengan luang pengaliran terbuka.

Dimensi lubang *intake* dihitung dengan rumus berikut.

$$Q_i = \mu b a \sqrt{2 g z} \quad (4)$$

Keterangan:

Q_i = Debit *intake*, m³/det

μ = Koefisien debit = 0,85

b = Lebar bukaan, m

a = Tinggi bukaan, m

g = Percepatan gravitasi = 9,81 m²/det

z = Kehilangan tinggi energi pada bukaan = 0,2 m

7. Pemeriksaan diameter sedimen yang masuk ke *intake*

Rumus yang digunakan untuk memperkirakan diameter partikel yang akan masuk ke *intake*, yaitu :

$$V = 0,396 [(Q_s - 1) d]^{0.5} \quad (5)$$

Keterangan:

V = Kecepatan aliran, m/det

Qs = Berat jenis partikel = 2,65

d = Diameter partikel, m

Kecepatan aliran yang mendekati ke *intake* dihitung dengan rumus berikut.

$$Q = A \times V \quad (6)$$

Atau dapat di tulis V menjadi:

$$V = Q / A \quad (7)$$

Keterangan:

Q = Debit intake, m³/det

A = Luas penampang basah, m²

V = kecepatan aliran, m/det

Desain saluran pengendap (kantong lumpur)

Dimensi saluran dihitung dengan rumus berikut.

$$L.B = \frac{Q_n}{w} \quad (8)$$

Desain pipa pesat (*penstock*)

Diameter pipa dapat dihitung berdasarkan ESHA (2005) dengan rumus berikut.

$$D = 2,69 \times \left(\frac{n^2 \times Q^2 \times L}{H} \right)^{0,1875} \quad (9)$$

Keterangan:

D = Diameter pipa *penstock*, m

n = Koefisien Manning (0,012 untuk *weldeed steel*)

Q = Debit rencana dalam m³/det

H = *Head* efektif, m

kecepatan aliran pipa dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$V = \frac{Q}{\frac{1}{4} \pi D^2} \quad (10)$$

Keterangan:

V = Kecepatan aliran pipa, m/det

Q = Debit banjir, m³/det

D = Diameter pipa *penstock*, m

$$tp = \left(\frac{P \times D}{\sigma \times \eta} \right) + \varepsilon \quad (11)$$

Keterangan :

tp = Tebal plat (mm)

H = Tinggi jatuh air, m

P = tekanan air dalam pipa pesat (kg/cm²) = 0,1 × H_{dyn}

H_{dyn} = 1,2 × H (m)

σ = Tengan ijin plat (kg/cm²), untuk SS41 = 1100 kg/cm²

η = Efisien Sambung, 0.8

ε = Korosi plat yang diijinkan (1-3 mm)

Desain pondasi telapak

Analisis daya dukung bertujuan mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi struktur yang terletak di atasnya.

$$qu = c \times N_c \times (1 + 0.3 \times B / L) + Df \times \gamma \times N_q + 0.5 \times B \times N \gamma \times (1 - 0.2 \times B / L) \quad (33)$$

Keterangan :

c = Kohesi tanah, kg/cm

N_c = Faktor daya dukung Terzaghi

B = Lebar fondasi (m)

L = Panjang fondasi (m)

- D_f = Kedalaman telapak fondasi, m
 γ = Berat volume tanah
 N_q = Faktor daya dukung Terzaghi
 N_γ = Faktor daya dukung Terzaghi

D. Alat – Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Patok berfungsi alat untuk menentukan letak titik yang akan diukur.
2. Meteran berfungsi untuk mengukur jarak atau panjang.
3. *Waterpass* ialah alat yang dipakai untuk mengukur perbedaan ketinggian dari satu titik acuan ke acuan berikutnya.
4. Rambu ukur berfungsi sebagai alat bantu dalam menentukan beda tinggi.
5. *Stopwatch* dan pelampung untuk mengukur kecepatan.

E. Analisa Hidrologi

Analisis hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi. Fenomena hidrologi seperti besarnya debit sungai, curah hujan dan lainnya.

Pengukuran Debit Air

Pada penelitian ini debit air di ukur secara langsung di lokasi. Prinsip dasar dari pelaksanaan pengukuran debit adalah mengukur luas penampang basah, kecepatan aliran dan kedalaman sungai pada titik-titik yang sudah ditentukan dengan jarak penampang 15 meter.

Tabel 1. Data pengukuran

Titik	Jarak (m)	V			A		
		V_{kanan} (det)	V_{tengah} (det)	V_{kiri} (det)	A_{kanan} (m)	A_{tengah} (m)	A_{kiri} (m)
A	15	7,00	7,00	1300	0,8	0,32	0,004
B	15	8,00	7,00	1000	0,8	0,32	0,004
C	15	13,00	1,00	1300	0,8	0,32	0,004

Tabel 2. Perhitungan debit sungai

Titik	V			A			Q			Total
	V_{kanan}	V_{Tengah}	V_{Kiri}	A_{kanan}	A_{Tengah}	A_{Kiri}	Q_{kanan}	Q_{Tengah}	Q_{Kiri}	
A	0,75	0,83	0,36	0,8	0,32	0,004	0,60	0,27	0,0014	0,87
B	0,65	0,54	0,63	0,8	0,32	0,004	0,52	0,17	0,0025	0,70
C	0,36	0,37	0,23	0,8	0,32	0,004	0,29	0,12	0,0009	0,40
										0,66

Dari hasil perhitungan diperoleh debit sungai (Q) = 0,66 m³/det

Distribusi probabilitas

Analisa frekuensi data hujan atau data debit digunakan untuk memperoleh nilai hujan rencana atau debit rencana, dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi yang biasa digunakan untuk menetapkan besaran hujan atau debit dengan kala ulang 2, 5, 10 dan 20 tahun, yaitu :

Metode distribusi Gumbel

Tabel 3. Hujan rancangan metode Gumbel

T	Y_t	K	R-rencana
---	-------	---	-----------

2	0,3665	-0,1355	200,06
5	1,4999	1,0579	252,81
10	2,2504	1,8482	287,73
20	2,9702	2,6061	321,23

Metode distribusi Normal

Tabel 4. Hujan rancangan metode Normal

T	P	K_T	R-rencana
2	0,5000	0,0000	206,05
5	0,8000	0,8400	243,18
10	0,9000	1,2800	262,62
20	0,9500	1,6400	278,53

Metode Distribusi Log Normal

Tabel 5. Hujan rancangan metode Log Normal

T	P	K_T	R-rencana
2	0,5000	0,0000	2,30 201,06
5	0,8000	0,8400	2,39 245,43
10	0,9000	1,2800	2,44 272,46
20	0,9500	1,6400	2,47 296,77

Metode distribusi Log Pearson Type III

Tabel 6. Hujan rancangan metode Log *Pearson Type III*

T	K_t	R-rencana
2	0,0000	2,30 201,06
5	0,8417	2,39 245,53
10	1,2820	2,44 272,59
20	1,5947	2,47 293,59
25	1,7510	2,48 304,69

Uji distribusi probabilitas

Sebagai mana telah diuraikan sebelumnya, bahwa terdapat dua metode pengujian distribusi probabilitas yaitu Uji Chi-Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorof. Dalam pengujian distribusi probabilitas ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah persamaan yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis.

Uji Chi-Kuadrat

Tabel 7. Perhitungan X^2 untuk distribusi Normal

Kelas	Interval	Ef	Of	Of -Ef	$\frac{(Of - Ef)^2}{Ef}$
1	> 252,81	2	2	0	0
2	214,27 – 252,81	2	4	2	2
3	187,07 – 214,27	2	0	-2	2
4	160,86 – 187,07	2	2	0	0
5	< 160,86	2	2	0	0
		10	10	X^2	4

Tabel 8. Perhitungan X^2 untuk distribusi Log Normal

Kelas	Interval	Ef	Of	Of -Ef	$\frac{(Of - Ef)^2}{Ef}$
1	> 243,18	2	2	0	0
2	217,10 – 243,18	2	4	2	2
3	195,00 – 217,10	2	0	-2	2
4	168,93 – 195,00	2	1	-1	0.5
5	< 168,93	2	3	1	0.5
		10	10	X^2	5

Tabel 9. Perhitungan X^2 untuk distribusi Log Pearson Type III

Kelas	Interval	Ef	Of	Of -Ef	$\frac{(Of - Ef)^2}{Ef}$
1	> 232,68	2	4	2	2
2	201,54 - 232,68	2	2	0	0
3	181,54 - 201,54	2	1	-1	0.5
4	164,85 - 181,54	2	1	-1	0.5
5	< 164,85	2	2	0	0
		10	10	X^2	3

Tabel 10. Perhitungan X^2 untuk distribusi Gumbel

Kelas	Interval	Ef	Of	Of -Ef	$\frac{(Of - Ef)^2}{Ef}$
1	> 245,54	2	2	0	0
2	207,84 – 245,54	2	3	1	0.5
3	184,11 – 207,84	2	1	-1	0.5
4	164,62 – 184,11	2	2	0	0
5	< 164,62	2	2	0	0
		10	10	X^2	1

Tabel 11. Rekapitulasi nilai X^2 dan X_{Cr}^2

Distribusi Probabilitas	X^2 Terhitung	X_{Cr}^2	Keterangan
Normal	4	5,9910	Di terima
Log Normal	5	5,9910	Di terima
Log Pearson Type III	3	5,9910	Di terima
Gumbel	1	5,9910	Di terima

Berdasarkan Tabel 4.11 semua distribusi probabilitas memiliki nilai $X^2 < X_{Cr}^2$ maka dapat disimpulkan bahwa semua distribusi tersebut dapat diterima, namun yang paling baik untuk menganalisis seri data hujan adalah

Distribusi Probabilitas Gumbel, dikarenakan mempunyai simpangan maksimum terkecil dan lebih kecil dari simpangan kritis.

Uji Smirnov-Kolmogorof

Uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorof* sering juga uji kecocokan non parametrik (*non parametric test*), karena pengujian tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu (Soewarno, 1995).

Tabel 12. Uji *Smirnov-Kolmogorof* distribusi Gumbel

X	M	$P(X) = \frac{M}{(N+1)}$	$P(x <)$	$f(t)$	$P'(x)$	$P'(x <)$	D
1	2	3	4 = nilai 1- 3	5	6	7 = nilai 1- 6	8
261,50	1	0,09	0,91	1,25	0,11	0,89	0,02
173,50	2	0,18	0,82	-0,74	0,22	0,78	0,04
242,17	3	0,27	0,73	0,82	0,33	0,67	0,06
240,42	4	0,36	0,64	0,78	0,44	0,56	0,08
202,42	5	0,45	0,55	-0,08	0,56	0,44	0,10
221,17	6	0,55	0,45	0,34	0,67	0,33	0,12
155,58	7	0,64	0,36	-1,14	0,78	0,22	0,14
134,00	8	0,73	0,27	-1,63	0,89	0,11	0,16
166,00	9	0,82	0,18	-0,91	1,00	0,00	0,18
263,76	10	0,91	0,09	1,31	1,11	-0,11	0,20
						D_{Maks}	0,20

Dari perhitungan nilai D pada Tabel 4.12 menunjukkan nilai $D_{maks} = 0,20$ data pada peringkat $m = 10$. Dengan menggunakan data pada (Lampiran K, hal 78) untuk derajat kepercayaan 5 % maka diperoleh $\Delta D = 0,41$ untuk $N = 10$. Karena nilai D_{maks} lebih kecil dari nilai ΔD ($0,20 < 0,41$) maka persamaan distribusi yang dipilih dapat diterima.

Analisa debit banjir rencana metode rasional

Metode Rasional dapat digunakan untuk menghitung debit puncak sungai atau saluran namun dengan daerah pengaliran terbatas. Dalam Departemen PU, SK SNI M-18-1989-F (1989) dan SNI 2415:2016 Tata Cara Perhitungan Debit Banjir, dijelaskan bahwa Metode Rasional dapat digunakan untuk ukuran daerah pengaliran < 5000 Ha.

- 1. Luas daerah aliran sungai (A) = 4183 Ha
 - 2. Panjang sungai (L) = 17200 m
 - 3. Kemiringan sungai = 0,24
- $$t_c = 0,0195 L^{0,77} S^{-0,385}$$
- $$= 133,94$$
- $$I_t = \frac{X_T}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3}$$
- $$= 4,25$$
- $$Q_{20} = 0,00278 \times C \times I \times A$$
- $$= 0,00278 \times 0,40 \times 4,25 \times 4183$$
- $$= 19,79 \text{ (m}^3/\text{det)}$$

Tabel 13. Rekapitulasi debit banjir rencana (T)

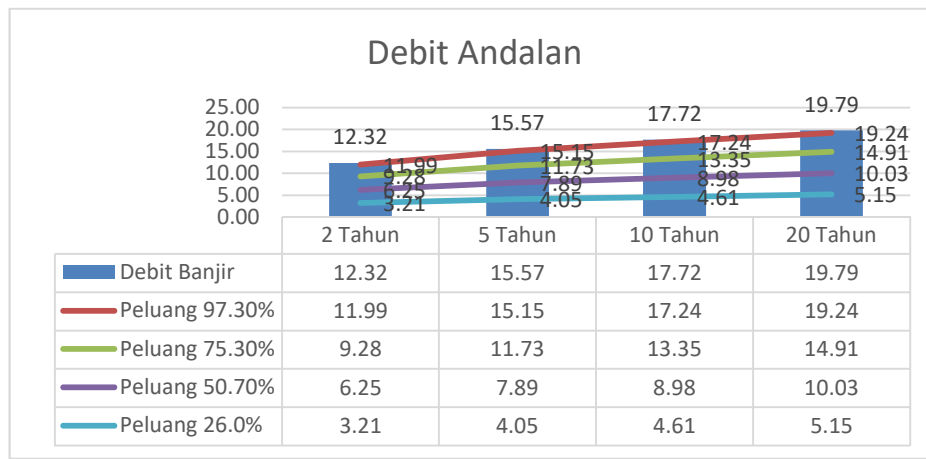
T	X_T	t_c	I_t	Q m ³ /det
2	200,06	133,94	2,65	12,32
5	252,81	133,94	3,35	15,57
10	287,73	133,94	3,81	17,72
20	321,23	133,94	4,25	19,79

Debit Andalan

Besarnya debit andalan untuk keperluan PLTA adalah 85 – 90% namun pada umumnya dipakai peluang 97,30% dikarenakan dalam 1 tahun biasanya turbin dan generator akan mengalami turun mesin (*overhaul*) selama 10 hari.

Tabel 14. Rekapitulasi debit andalan

Peluang	Debit Sungai m ³ /det	Tahun	Q m ³ /det	Debit Banjir m ³ /det			
				26,00%	50,70%	75,30%	97,30%
97,30 %	0,64	2	12,32	3,21	6,25	9,28	11,99
75,30 %	0,49	5	15,57	4,05	7,89	11,73	15,15
50,70 %	0,33	10	17,72	4,61	8,98	13,35	17,24
26,0 %	0,17	20	19,79	5,15	10,03	14,91	19,24



Gambar 1. Grafik presentase debit andalan

F. Desain Bendung/Bangunan Pengalih (*Intake*)

Tipe yang digunakan adalah tipe dam beton graviti.

- a. Perhitungan penentuan elevasi

$$\begin{aligned}
 &\text{Elevasi awal} && : +52 \\
 &\text{Kehilangan Tekanan} \\
 &\text{Akibat Kemiringan Saluran} && : 0,98 \\
 &&& + 52,98 \approx +53
 \end{aligned}$$

- b. Penentuan panjang mercu bendung

Panjang bendung ditentukan 1,2 kali lebar sungai rata-rata. Panjang bendung = 1,2 × 7,80 = 9,36

- c. Penentuan lebar lubang dan pembilas

Untuk sungai yang lebarnya kurang dari 100 m, lebar bangunan pembilas diambil $\frac{1}{10}$ kali dari lebar bentang

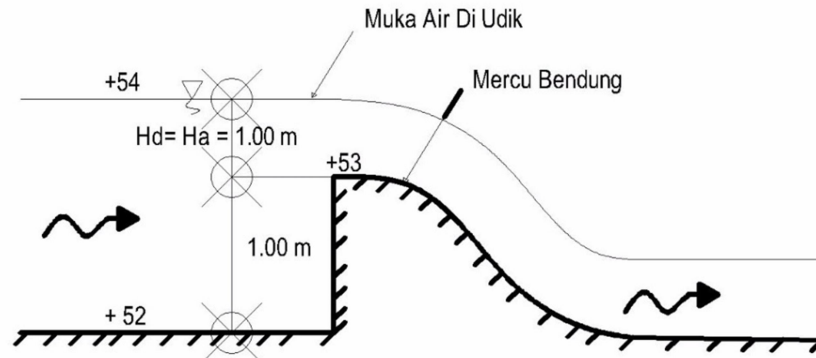
bendung. Lebar bangunan pembilas = $\frac{1}{10} \times 7,80 = 0,78$ m. Lebar satu lubang maksimum 2,50 m untuk kemudahan operasi pintu dan jumlah lubang tidak lebih dari tiga buah. Pintu pembilas ditetapkan satu buah dengan lebar 1,25 m. Lebar pilar pembilas 1,00 m

- d. Perhitungan panjang bendung efektif

$$\begin{aligned}
 B_e &= B_b - 2(n \times K_p + K_a) H_e \\
 &= 9,36 - 2(1 \times 0,01 + 0,10) H_e \\
 &= 9,14 H_e
 \end{aligned}$$

- e. Perhitungan tinggi muka air banjir di udik bendung

$$\begin{aligned}
 H_e &= (Q_d / C \times B_e)^{2/3} \\
 H_e &= (2,31 / 3,97 \times 9,14)^{2/3} \\
 &= 0,7 \text{ m} \sim 1,00 \text{ m}
 \end{aligned}$$



Gambar 2. Desain mercu bendung

f. Bentuk *intake*

Intake didesain dengan bentuk biasa tipe saringan dengan luang pengaliran terbuka. Lantai *intake* tanpa kemiringan dengan elevasi lantai sama tinggi dengan elevasi pelat *undersluice*.

g. Dimensi lubang *intake*

$$Q_i = \mu b a \sqrt{2 g z}$$

$$2,31 = 0,85 \times b \times 1,20 \sqrt{2} \times 9,81 \times 0,2$$

$$2,31 = 2,0205 b$$

$$b = 1,00 \text{ m}$$

h. Pemeriksaan diameter sedimen yang masuk ke *intake*

$$V = 0,396 [(Q_s - 1) d]^{0,5}$$

$$A = 2 \times 1,20 = 2,4 \text{ m}^2$$

$$V = Q / A$$

$$= 2,31 / 2,4$$

$$= 0,96 \text{ m}^3/\text{det}$$

Diameter partikel:

$$V = 0,396 [(Q_s - 1) d]^{0,5}$$

$$0,96 = 0,396 [(2,65 - 1) d]^{0,5}$$

$$0,96 = 0,396 \times 1,30 \times d^{0,5}$$

$$d = 4 \text{ mm}$$

G. Desain Saluran Pengendap (Kantong Lumpur)

Hasil perencanaan bak pengendap (kantong lumpur) adalah sebagai berikut.

Kadar lumpur diandaikan	= 0,06%
Periode pengurusan	= 7 hari
Volume lumpur	= 0,06% × 24 × 3600 × 7 × 2,31
	= 698,36 m ³

Dimensi Saluran

$$L.B = Q_n / w$$

$$= 2,31 / 0,004$$

$$= 577,34 \text{ m}^2$$

$$L = 34 \text{ meter}$$

$$B = 4 \text{ meter}$$

$$L/B = 8,5 > 8$$

H. Desain Pipa Pesat (Penstock)

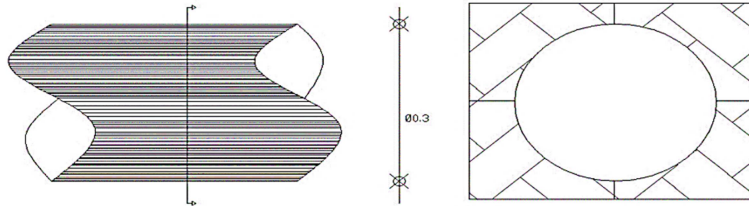
Diameter

$$D = 2,69 \times \left(\frac{n^2 \times Q^2 \times L}{H} \right)^{0,1875}$$

$$= 2,69 \times \left(\frac{0,012^2 \times 2,31^2 \times 6}{8} \right)^{0,1875}$$

$$= 0,8 \text{ M}$$

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{Q}{\frac{1}{4} \pi D^2} \\
 &= 4,59 \text{ m}^3/\text{det} \\
 tp &= \left(\frac{P \times D}{\sigma \times \eta} \right) + \varepsilon \\
 &= \left(\frac{0,96 \times 0,8}{1100 \times 0,8} \right) + 3 \\
 &= 3 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 3. Desain pipa pesat (*penstock*)

I. Desain Pondasi Telapak

Pondasi ini biasa digunakan untuk bangunan bertingkat yang tidak terlalu tinggi dengan kondisi tanah keras berada pada kedalaman antara 1-2 meter atau bisa juga digunakan untuk bangunan di atas tanah lunak/lembek dengan beban maksimum yang diijinkan sesuai dengan kapasitas dukung ultimit tanah.

Data Tanah

Kedalaman tanah (Df)	= 0,80 m
Berat volume tanah (γ)	= 1,6652
Sudut gesek dalam (φ)	= 13,72°
Kohesi (C)	= 0,0430 kg/cm
Tahanan konus rata-rata Qu	= 0,2110 kg/cm

Dimensi Pondasi

Lebar pondasi arah x (Bx)	= 1,00 m
Lebar pondasi arah y (By)	= 1,00 m
Tebal pondasi (h)	= 0,40 m
Lebar kolom arah x (bx)	= 0,40 m
Lebar kolom arah y (by)	= 0,30 m
Posisi kolom (dalam = 40, tepi = 30, sudut = 20) as	= 40

Beban rencana

Gaya aksial akibat beban terfaktor (Pu)	= 337,2 kg
Momen arah x akibat beban terfaktor (M_{ux})	= -133,64 kg/m
Momen arah y akibat beban terfaktor (M_{uy})	= 133,64 kg/m

Kapasitas daya dukung tanah

Kapasitas dukung ultimit tanah menurut Terzaghi

$$q_u = c \times N_c \times (1 + 0,3 \times B / L) + D_f \times \gamma \times N_q + 0,5 \times B \times N_\gamma \times (1 - 0,2 \times B / L)$$

Dimana:

c	= 0,0430
Df	= 0,80
γ	= 1,6652
B = By	= 1,00
L = By	= 1,00
φ	= 13,72
φ'	= 0,2395
a	= 1,7264
K_{pg}	= 19,06

Faktor kapasitas dukung tanah menurut Terzaghi

$$N_c = 1 / \tan \varphi' * [a^2 / (2 * \cos^2 (45 + \varphi'/2) - 1)]$$

$$= 11,907$$

$$N_q = a^2 / [(2 * \cos^2 (45 + f/2))] = N_c * \tan \varphi' + 1$$

$$= 5,5275$$

$$N_\gamma = 1/2 * \tan \varphi' * [K_{pg} / \cos^2 f - 1]$$

$$= 2,3433$$

Kapasitas dukung ultimit tanah menurut Terzaghi

$$q_u = c \times N_c \times (1 + 0,3 \times B/L) + D_f \times g \times N_q + 0,5 \times B \times N_g \times (1 - 0,2 \times B/L)$$

$$= 10,81 \text{ kg/m}^2$$

$$q_a = q_u / 3$$

$$= 3,60 \text{ kg/m}^2$$

J. Output Daya Yang Dihasilkan

Dari hasil survei yang dilakukan pada masyarakat sekitar tentang penggunaan listrik yang digunakan oleh masyarakat setempat, maka dengan ini dapat direncanakan pemakaian listrik untuk perunit rumah dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.19 Rencana Pemakaian Listrik

Jam	Alat-alat Listrik Yang Digunakan	Daya (Watt)
20-23	Lampu teras	5
	Lampu kandang ternak	5
	Lampu kamar mandi	10
	Lampu sumur	5
	Lampu ruang utama	10
	Lampu dapur	10
	Lampu kamar tidur orang tua	10
	Lampu kamar tidur anak	5
	TV	65
	Total	125

Pada penelitian ini tinggi jatuh efektif adalah 8 meter. Persamaan untuk mencari daya listrik yang dibangkitkan karena perbedaan tinggi dan besarnya debit adalah sebagai berikut.

$$P_{net} = g \times H_{gross} \times Q \times E_o$$

$$= 9,8 \times 8 \times 0,64 \times 0,3245$$

$$= 16,23 \text{ kW}$$

$$E_o = E_{ks} \times E_{ps} \times E_{tur} \times E_{gen} \times E_{sk} \times E_{jaringan} \times E_{trafo}$$

$$= 0,54 \times 0,95 \times 0,74 \times 0,91 \times 0,97 \times 0,98 \times 0,98$$

$$= 0,3245$$

Tabel 4.15 Rekapitulasi potensi daya bangkit

No.	Debit (m ³ /det)	H (m)	Eo	Pnet		Daya Bangkit (Rumah)
				kW	Watt	
1	Debit Sungai 0,64	8	0,3245	16,23	16226,12	129

Dari hasil rekapitulasi direncanakan dalam satu Kepala Keluarga mendapat suplai listrik sebesar 125 watt. Sehingga jumlah rumah yang teraliri listrik sebanyak 129 rumah.

5.1.. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dan analisa perhitungan pada perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Desa Binagara Kecamatan Wasile Kabupaten Halmahera Timur, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengukuran di sungai desa Binagara diperoleh $Q = 0,66 \text{ m}^3/\text{det}$ dan tinggi jatuh efektif (*Head*) dengan pengukuran langsung adalah 8 meter.
2. Dari perhitungan debit dan pengukuran tinggi jatuh efektif (*Head*) pada penelitian ini, maka output daya yang dihasilkan Debit sungai = 16,23 Kw.
3. Komponen sipil yang direncanakan terdiri dari :
 - a. Bendung dan Bangunan Pengalih (intake)Diperoleh panjang bendung 9,36 m dengan pintupembilasditetapkan 1 buah lebar 1,5 m. Untuk tinggi muka air banjir di udik sebesar 1 m. Dimensi lubang intake $b = 2 \text{ m}$, $a = 1,20 \text{ m}$. Direncanakan diameter partikel sedimen sebesar 4 mm dengan kecepatan $0,96 \text{ m}^3/\text{det}$.
 - b. Saluran pengendap Diperoleh volume lumpur sebesar $698,36 \text{ m}^3$ dengan dimensi saluran $L = 34 \text{ m}$, $B = 4 \text{ m}$
 - c. Desain pipa pesat (Penstock), dari hasil perhitungan didapat diameter pipa pesat (Penstock) = 0,8 meter dengan kecepatan aliran $4,59 \text{ m}^3/\text{det}$.
 - d. Desain Pondasi, Kapasitas dukung ultimit tanah menurut Terzaghi (1943) $q_u = 10,81 \text{ kg}/\text{m}^2$ dengan $q_a = 3,6 \text{ kg}/\text{m}^2$.

Daftar Pustaka

- [1] Afif Taufiiqul Hakim, Suwanto Marsudi, Lily Montarcih Limantara. Studi Perencanaan Pembangkit Tenaga Mini Hidro (PLTM) Madong Kabupaten Toraja Utara Provinsi Sulawesi Selatan. Teknik Pengairan, Fakultas Teknik. Universitas Brawijaya.
- [2] Departemen ESDM. *Panduan untuk Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga MikroHidro*
- [3] Eman Mawardi, Moch. Memed. 2010. *Desain Hidraulik Bendung Tetap Untuk Irigasi* Teknis. Bandung: Alfabeta.
- [4] Ikrar Hanggara, Harvi Irvani. 2017. *Potensi PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro) Di Kecamatan Ngantang Kabupaten Malang Jawa Timur*. Teknik Sipil, Faultas Teknik. Universitas Tribbuqana Tunggadewi Malang.
- [5] Kamiana, I Made. 2012. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- [6] Khairul Saleh, Syahrizal, Ivan Indrawan. *Kajian Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Pada Sungai Aek Pohon Kecamatan Panyabungan Timur Kabupaten Mandailing Natal*. Departemen Teknik Sipil USU.
- [7] Limantara, Lily Montarcih. 2010. *Hidrologi Teknik Dasar*. Malang: Citra Malang.
- [8] Namakule, Irfani. 2015. *Analisis Debit Banjir Dengan Menggunakan Metode Nakayasu Pada DAS Di Pulau Ternate Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG)*. Teknik Sipil, Fakultas Teknik. Universitas Khairun Ternate.
- [9] Nan Ady Wibowo, Very Dermawan, Donny Harisuseno. *Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Wamena di Kabupaten Jaya Wijaya Provinsi Papua*. Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
- [10] Rahmat Ramadhany Aprilianto, Achmad Fungkas. *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro hidro (PLTMH) Karangtalon Kabupaten Temanggung*. Teknik Sipil, Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro.
- [11] SNI 2415 : 2016. 2016. *Tata Cara Perhitungan Debit Banjir*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- [12] Sri Sukamta, Adhi Kusmantoro, 2013. *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Jantur Tabalas Kalimantan Timur*. Jurnal Teknik Sipil Elektro Vol. 5 No. 2 Juli-Desember 2013.
- [13] Sulaeman, Ramu Adi Jaya. 2014. *Perencanaan Pembangunan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Di Kanali Pasaman Barat*. Teknik Mesin, Fakultas Teknik. Institut Teknologi Padang.

- [14] Titis Haryani, Wasis Wardoyo, Abdullah Hidayat SA. 2015. *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Di Saluran Irigasi Mataram*. Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- [15] Very Dwiyanto, 2016. *Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Studi Kasus: Sungai Air Anak (Hulu Sungai Way Besai)*. Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- [15] Very Dwiyanto, 2016. *Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Studi Kasus: Sungai Air Anak (Hulu Sungai Way Besai)*. Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Bandar Lampung.

