

ANALISA PERENCANAAN PLTMH PADA SUNGAI BATANG PALANGAI GADANG KABUPATEN PESISIR SELATAN PROVINSI SUMATERA BARAT

Syofyan. Z*, Indriana Laia**

* Dosen FTSP-ITP

** Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil FTSP
Institut Teknologi Padang

Abstrak

Air merupakan sumber energi yang penting karena dapat dijadikan sumber energi pembangkit listrik yang murah dan tidak menimbulkan polusi. Indonesia kaya sumber daya air sehingga sangat berpotensi untuk memproduksi energi listrik yang banyak. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan alternative sumber listrik bagi masyarakat, yang akan memberikan banyak keuntungan terutama bagi masyarakat pedalaman di seluruh Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi sungai palangai gadang apabila digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga mikro hidro. Potensi tersebut meliputi, besar debit andalan, tinggi jatuh efektif yang dimiliki, potensi daya listrik yang dapat dihasilkan, serta mengetahui jumlah rumah yang akan mendapatkan suplai energi listrik dari PLTMH sungai batang palangai gadang. Dari hasil analisa diperoleh debit andalan sungai palangai gadang dengan menggunakan metode Mock Model (debit andalan Q_{80}) sebesar $1,90 \text{ m}^3/\text{dt}$. Penentuan klasifikasi turbin berdasarkan tinggi jatuh, flow dan kecepatan spesifik (N_s), maka PLTMH Sungai Batang Palangai Gadang Dengan debit rancangan Q_{100} $604,2763 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan dihasilkan daya listrik sebesar $922,078 \text{ kW}$ dan energi listrik sebesar $885,188 \text{ kW}$. Konstruksi PLTM, tinggi mercu bendung $4,1 \text{ m}$ lebar efektif $34,40 \text{ m}$, elevasi muka air di hulu bendung $+117,75 \text{ m}$, elevasi muka air di hilir bendung $+111,55 \text{ m}$ dan elevasi dasar kolam olakan $+97,7 \text{ m}$. Intake ada 2 buah pintu (lebar $1,5 \text{ m}$ dan tinggi $0,34 \text{ m}$), kecepatan aliran $2,21 \text{ m/det}$, dan saluran pembawa (lebar $2,00 \text{ m}$ dan kedalaman $0,34 \text{ m}$), bak penenang (lebar $3,90 \text{ m}$ dan panjang $6,00 \text{ m}$), Tinggi jatuh air $42,50 \text{ m}$, pipa pesat diameter 0.809 m dan panjang 60 m , jumlah pipa 1 unit, jenis Banki/Crossflow, banyak rumah yang mendapat suplai daya listrik baru dengan kebutuha minimum listrik per rumah sebesar 900 W adalah 984 Rumah. Kata Kunci : Potensi Pembangkit, Energi listrik, Konstruksi PLTMH.

PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan alternatif sumber energi listrik bagi masyarakat, PLTMH memberikan banyak keuntungan terutama bagi masyarakat pedalaman diseluruh Indonesia. Disaat sumber energi lain mulai menipis dan memberikan dampak negatif, maka air menjadi sumber energi yang sangat penting karena dapat dijadikan sumber energi pembangkit listrik yang murah dan tidak menimbulkan polusi. Selain itu, Indonesia kaya akan sumber daya air sehingga sangat potensial untuk memproduksi energi listrik yang banyak. Kabupaten Pesisir Selatan telah memiliki pembangkit listrik PLN. Kondisi saat ini Perusahaan Listrik Negara (PLN) masih belum dapat melayani kebutuhan listrik kepada masyarakat selama 24 jam, di wilayah ini PLN menerapkan sistem penggunaan listrik bergilir karena kekurangan daya listrik. Padahal masyarakat sangat mendambakan penerangan listrik tersebut. Selama ini masyarakat di sana hanya menggunakan genset yang dibeli melalui swadaya masyarakat, namun

karena keterbatasan sarana dan mahal biaya transportasi menyebabkan mahal bahan bakar minyak di wilayah ini.

Sumber tenaga air di Distrik Sungai Batang Pelangai Gadang Kabupaten Pesisir Selatan cukup tersedia untuk dibangun fasilitas pembangkit listrik tenaga mikro hidro. Pada distrik tersebut terdapat beberapa sungai yang cukup potensial, diantaranya Sungai Palangai Gadang, pada sungai tersebut terdapat potensi ketersediaan air yang cukup sepanjang tahun, debit yang dapat diandalkan, dan memiliki kontur yang sesuai dengan teknis perencanaan untuk dibangun PLTMH. Dengan kenyataan dan kondisi yang demikian, terdapat kemungkinan air yang belum dimanfaatkan secara optimal dapat digunakan untuk membangkitkan listrik. Listrik yang dihasilkan dapat menambah kebutuhan energi listrik bagi masyarakat Kabupaten Pesisir Selatan, sehingga masalah kekurangan listrik di daerah-daerah terpencil di Kabupaten Pesisir Selatan dapat teratasi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi Sungai Palangai Gadang apabila digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga mikro hidro. Potensi tersebut meliputi:

1. Mengetahui besar debit andalan yang tersedia pada PLTMH Sungai Batang Pelangai Gadang.
2. Mengetahui tinggi jatuh efektif yang terjadi pada PLTMH Sungai Batang Pelangai Gadang.
3. Mengetahui potensi daya listrik yang dapat dihasilkan PLTMH Sungai Batang Pelangai Gadang.
4. Mengetahui jumlah rumah yang akan mendapatkan suplai energi listrik dari PLTMH Sungai Batang Pelangai Gadang

TINJAUAN PUSTAKA

Analisa Hidrologi

Analisa Banjir Rancangan

Hidrograf satuan suatu DAS adalah suatu limpasan langsung yang diakibatkan oleh satu satuan hujan efektif yang terbagi rata dalam waktu dan ruang. Metode penentuan debit banjir rancangan akan dilakukan dengan metode hidrograf satuan sintetik Nakayasu.

Debit Andalan dengan *Mock Model*

Guna mendapatkan kapasitas PLTMH, tidak terlepas dari perhitungan berapa banyak air yang dapat diandalkan untuk membangkitkan PLTMH. Debit andalan adalah debit minimum (terkecil) yang masih dimungkinkan untuk keamanan operasional suatu bangunan air, dalam hal ini adalah PLTMH.

Dasar Model Mock adalah salah satu cara menghitung debit air disuatu tempat dengan cara untuk mengasumsikan daerah aliran sungai.

Analisa Hidrolika

Bangunan Bendung

1. Lebar Efektif Bendung

Lebar efektif bendung disini adalah jarak antar pangkal-pangkalnya (*abutment*), menurut kriteria lebar bendung ini diambil sama dengan lebar rata-rata sungai yang stabil atau lebar rata-rata muka air banjir tahunanO sungai yang bersangkutan atau diambil lebar maksimum bendung tidak lebih dari 1,2 kali lebar rata-rata sungai pada ruas yang stabil (Anonim/KP-02, 1986:49). Berikut adalah persamaan lebar bendung:

$$Be = B - 2 (n \cdot Kp + Ka) \cdot H1 \quad (1)$$

Dengan:

Be = lebar efektif bendung (m).

n = jumlah pilar.

Kp = koefisien kontraksi pilar.

Ka = koefisien kontraksi pangka lbendung.

H1 = tinggi energi di atas mercu (m).

2. Tinggi Muka Air Banjir di Atas Mercu

Bendung Persamaan tinggi energi di atas mercu (H1) menggunakan rumus debit bendung dengan mercu bulat, yaitu (Anonim/KP-02, 1986:56):

$$Q = C_d \cdot \frac{2}{3} \cdot (2/3g)^{0.5} \cdot B_e \cdot H_1^{3/2} \quad (2)$$

Dengan :

- Q = debit (m³/det)
- C_d = koefisien debit
- g = percepatan gravitasi (m/det²)
- B_e = lebar efektif bendung (m)
- H₁ = tinggi energi di atas mercu (m)

Bangunan Hantar

Bangunan hantar adalah sebuah saluran pembawa yang menghantarkan debit kebutuhan yang akan dibangkitkan oleh turbin. Dalam perencanaan PLTMH, bangunan hantar dibagi menjadi: Bangunan Pengambilan (*intake*), *Trashrack*, Bak Penenang dan Pipa Pesat (*Penstock*).

Kehilangan Tinggi Tekan

Kehilangan tinggi tekan merupakan akumulasi dari beberapa kehilangan-an tinggi tekan yaitu:

- a. Kehilangan tinggi tekan akibat saringan (*trashrack*)
- b. Kehilangan tinggi tekan akibat pemasukan dan keluaran
- c. Kehilangan tinggi tekan akibat belokan
- d. Kehilangan tinggi akibat gesekan

Saluran Pembuang Akhir (*Tail Race*)

Saluran bawah (*Tile Water Level*) adalah sebuah saluran yang dilalui oleh air yang keluar dari turbin air, terus ke sungai. Tinggi TWL tergantung dari debit air yang keluar dari turbin, jenis penampang serta dimensi penampang saluran pembuang.

Turbin Air

Turbin Air adalah turbin dengan air sebagai fluida kerja. Air yang mengalir dari tempat yang lebih tinggi menuju tempat yang lebih rendah, hal ini air memiliki energi potensial. Dalam proses aliran didalam pipa, energi potensial tersebut berangsur-angsur berubah menjadi energi mekanis, dimana air memutar roda turbin. Roda turbin dihubungkan dengan generator yang mengubah energi mekanis (gerak) menjadi energi listrik (Arismunandar,1991:64).

Perhitungan Daya dan Energi

Keuntungan suatu proyek Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro ditentukan dari besar daya yang dibangkitkan dan jumlah energi yang dibangkitkan tiap tahun. Jika tinggi jatuh efektif maksimum adalah H_{eff} (m), Debit maksimum turbin adalah Q (m³/dtk), efisiensi dari turbin dan generator masing-masing adalah η_t dan η_g maka daya atau tenaga yang dibangkitkan oleh suatu Pembangkit Listrik

Tenaga Mikrohidro dapat dihitung dengan rumus (Arismunandar, 1991:19).

Daya Teoritis

$$= 9,81 \times P \times Q \times H_{eff} (w) \quad \dots\dots\dots (3) \text{ Daya Turbin}$$

$$= 9,81 \times \rho \times \eta_t \times Q \times H_{eff} (w) \quad \dots\dots\dots (4) \text{ Daya Generator}$$

$$= 9,81 \times \rho \times \eta_g \times \eta_t \times Q \times H_{eff} (w) \quad \dots\dots\dots (5)$$

Dengan:

- P = daya yang dihasilkan (kW)
- η_t = efisiensi turbin (ppm)
- η_g = efisiensi generator (rpm)

ρ = massa jenis air = 1000 (kg/m³)

Q = debit pembangkit (m³/dtk)

H_{eff} = tinggi jatuh efektif (m)

METODOLOGI

Lokasi Studi

Lokasi studi adalah wilayah DAS Palangai Gadang terletak di Sungai Batang Pelangai Gadang Kabupaten Pesisir Selatan Provinsi Sumatera Barat, dengan luas DAS Palangai Gadang adalah 245,386 km² dan panjang sungai 32.17 km.



Gambar 3. DAS Palangai Gadang

Data-Data Yang Dibutuhkan

Data-data penunjang yang digunakan dalam studi pembangkit listrik tenaga mikrohidro ini meliputi:

1. Peta Topografi
2. Data luas DAS
3. Data Curah Hujan selama 15 tahun dari tahun 2001 sampai dengan tahun 2015 yang diambil dari Stasiun Hujan Muaro Labuh dan Surantih.
4. Data Klimatologi selama 15 tahun dari tahun 2001 sampai dengan tahun 2015 yang terdiri dari data penguapan dan data suhu udara yang diambil dari Stasiun Meteorologi Sungai Batang Pelangai Gadang.

Tahapan Perencanaan

Tahapan dalam merencanakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Distrik Sungai Batang Pelangai Gadang Kabupaten Pesisir Selatan Provinsi Sumatera Barat adalah sebagai berikut:

1. Analisa Peta Topografi

Peta topografi digunakan sebagai dasar untuk perencanaan / desain bangunan PLTMH pada lokasi yang terpilih.

2. Analisa Hidrologi

A. Pendugaan Banjir Rancangan

Pendugaan banjir rancangan berfungsi untuk menentukan desain bangunan pengambilan. Perhitungan debit banjir rancangan dalam perencanaan PLTMH ini dianalisis dengan pendekatan Model Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu.

B. Debit Andalan

Pada perencanaan PLTMH, debit andalan sangat berpengaruh pada daya yang akan dikeluarkan. Debit andalan untuk tujuan pusat listrik tenaga air sebesar 80%. Untuk menentukan debit dengan peluang keandalan tertentu (debit andalan) dapat dilakukan dengan pendekatan analisis peluang dengan Metode Weibull.

3. Perencanaan Konstruksi Hidro- mekanikal

Menghitung perencanaan bangunan konstruksi PLTM

A. Perencanaan Bendung

1. Pemilihan bendung diambil
2. Perhitungan Tinggi Mercur Bendung
3. Perhitungan lebar efektif bendung
4. Perhitungan Tinggi air diatas mercu
5. Perhitungan Tinggi air di hilir bendung
6. Perhitungan Kolam Olakan
7. Perencanaan Intake
8. Bak Pengendap(*sandtrap*)
9. Saluran Pembawa (*waterway*)
10. Bak Penenang

B. Pipa Pesat

1. Merencanakan panjang pipa yang ditentukan dari bak penenang ke rumah turbin.
2. Menghitung slope pipa dengan cara membagi beda tinggi dengan panjang pipa.
3. Menghitung diameter pipa pesat (D)

C. Tinggi Jatuh Efektif

Daya yang mampu dihasilkan dari sebuah pembangkit listrik mikro hidro sangat bergantung dari beberapa variabel salah satunya yaitu tinggi jatuh efektif. Untuk menghitung tinggi jatuh efektif (H_{eff})

D. Turbin

Menentukan jenis turbin yang akan digunakan.

E. Generator

Menentukan generator yang akan digunakan.

4. Daya yang dibangkitkan oleh PLTMH

Menghitung daya yang dibangkitkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN**1. Analisa Banjir Rancangan**

Metode penentuan debit banjir rancangan akan dilakukan dengan metode hidrograf satuan sintetik Nakayasu. Persamaan umum hidrograf satuan sintetik adalah sebagai berikut:

$$Qp = \frac{A \times R_0}{3.6 \times (0.3 \times T_p + t_{0.3})} \dots\dots\dots (6).$$

Berikut adalah hasil dari perhitungan Debit Banjir Rancangan Sungai Palangai Gadang dilihat pada tabel 1 dibawah ini

Tabel 1. Debit Banjir Rancangan Sungai Palangai Gadang

Periode	Debit Rancangan (m^3/dt)
2	268,0982
5	350,5805
10	422,2916
50	522,4093
100	604,2763
200	696,5471

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4. Hidrograf Banjir Rancangan Sungai Palangai Gadang

Sumber: Hasil Perhitungan

2. Analisa Debit Andalan

Dalam perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro ini metode perhitungan debit andalan menggunakan metode *Mock Model*.

Perhitungan Debit Metode *Mock Model*

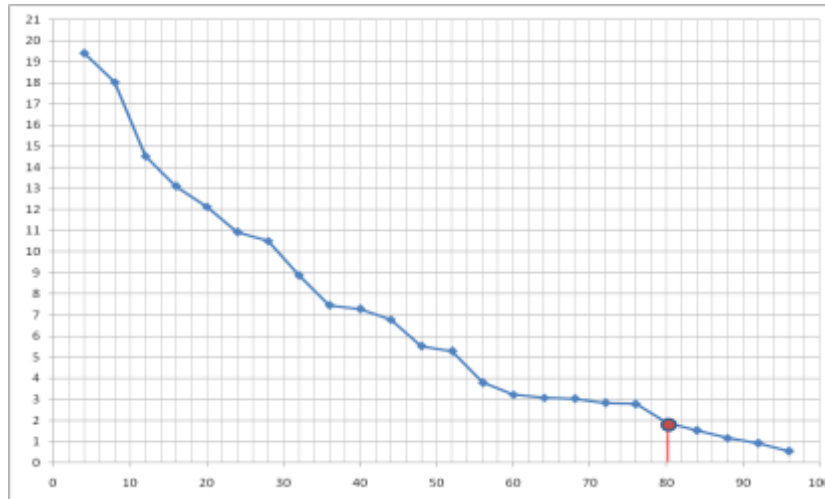
Debit Andalan

Perhitungan debit andalan ini dilakukan dengan persamaan Weibull, untuk keperluan air baku debit andalan yang dipergunakan adalah Q80, atau yang peluang terjadinya adalah 80 %.

Tabel 2 Debit Andalan Q80 Sungai Palangai Gadang

Bulan	Debit Andalan	Nilai Urut (m)	Debit Andalan Terurut	P(m)
Jan	13,10	1	19,41	4,0
	0,92	2	18,03	8,0
Feb	5,29	3	14,53	12,0
	3,08	4	13,10	16,0
Mar	3,23	5	12,13	20,0
	5,52	6	10,93	24,0
Apr	7,46	7	10,50	28,0
	1,52	8	8,88	32,0
Mei	3,79	9	7,46	36,0
	10,93	10	7,28	40,0
Jun	0,55	11	6,78	44,0
	1,17	12	5,52	48,0
Jul	3,03	13	5,29	52,0
	1,90	14	3,79	56,0
Agust	6,78	15	3,23	60,0
	2,83	16	3,08	64,0
Sep	7,28	17	3,03	68,0
	14,53	18	2,83	72,0
Okt	10,50	19	2,78	76,0
	12,13	20	1,90	80,0
Nop	19,41	21	1,52	84,0
	18,03	22	1,17	88,0
Des	2,78	23	0,92	92,0
	8,88	24	0,55	96,0

Sumber : Hasil Perhitungan



1,90

Gambar 5 Grafik Probabilitas dan Debit Andalan
Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil diatas dapat dilihat debit andalan Q80 memiliki debit maksimal sebesar 19,41 m³/detik dan debit minimum sebesar 0,55 m³/det

3. Bangunan Bendung

Bangunan bendung direncanakan dengan tinggi mercu 4,10 m dan lebar sungai rencana 40 m, dengan lebar pintu pembilas 4,00 m sebanyak satu buah dengan tebal pilar 1 m.

Berikut adalah data-data yang diperlukan untuk perhitungan bendung:

nilai K_a	= 0,1 (pangkal tembok bulat)
nilai K_p	= 0,01 (pilar berujung bulat)
elevasi dasar	= 100 m
elevasi puncak bendung	= 114,10 m
g	= 9,81

Adapun langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

- Penentuan lebar efektif bendung

$$\begin{aligned} B_e &= B - 2(n \cdot K_p + K_a) \cdot H_1 \\ &= 36 - 2(2 \times 0,01 + 0,1) H_1 \\ &= 36 - 0,24 \cdot H_1 \\ &= 34,4 \text{ m} \end{aligned}$$

- Tinggi muka air di atas mercu bendung

$$\begin{aligned} Q &= C_d \cdot \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{2}{3}g\right)^{0,5} \cdot B_e \cdot H_1^{1,5} \\ 604,2763 &= 1,35 \times \frac{2}{3} \times \left(\frac{2}{3} \times 9,81\right)^{0,5} \times (36 - 0,24 \cdot H_1) \times H_1^{1,5} \\ 262,5453 &= (36 - 0,24 \cdot H_1) \times H_1^{1,5} \end{aligned}$$

Dengan cara coba-coba (*trial and error*) didapat nilai $H_1 = 3,826$ m,

4. Bangunan Pengambilan

Bangunan pengambilan terletak di sisi kiri Sungai Palangai Gadang, direncanakan dengan konstruksi bangunan dari pasangan batu dilengkapi dengan 1 (satu) buah pintu baja tipe *sluice gate*, dan saringan atau *trashrack*. Berikut adalah data yang diperlukan untuk perhitungan *intake*:

- debit andalan (Q_{80}) = 1,90 m³/det
- tinggi ambang rencana = 1,00 m

$$\text{Debit intake} = Q_{\text{andalan}} \times 120\% = 1,90 \times 120\% = 2,28 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$Q = 0,8 \cdot b \cdot a \cdot \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,25}$$

$$2,28 = 2,214 \cdot b \cdot a$$

$$b \times a = 1,032 \text{ m}^2$$

asumsi $b = 1,5$ m (data perencanaan), pintu intake ada dua maka nilai a

$$a = 1,032 / (2 \times 1,5) = 0,34 \text{ m}$$

$$\text{Total lebar saluran intake (B)} = 2b + n = 2(1,5) + 0,5 = 3,5 \text{ m}$$

Kecepatan aliran pada intake

$$V = Q / (b \times a) = 2,28 / (1,032) = 2,21 \text{ m/det}$$

Kecepatan aliran air yang masuk ke dalam saluran intake bergantung kepada butiran bahan yang dapat diangkut. Dengan kecepatan 1 – 2 m/det merupakan besaran perencanaan normal, dan diharapkan butiran diameter 0,01 m – 0,04 m dapat masuk.

$$d = V^2 / 100 = 2,21^2 / 100 = 0,048 \text{ m} = 48 \text{ mm}$$

Kedalaman kritis

$$H_c = \sqrt[3]{\frac{(2,28)^2}{\frac{1,5}{9,81}}} = 0,617 \text{ m}$$

5. Saluran Pembawa

Perencana PLTMH ini mencoba menetapkan kecepatan, dengan V sebesar 1,5 m/det dan debit rancangan = 2,28 m³/det.

Dari data-data dan pendekatan yang digunakan maka didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

- lebar saluran pembawa : 2,0 m (desain)
- koefisien Manning (n) : 0,015 (pasangan batu)
- slope (S) : 0,0007 (desain)

Dari rumus manning, dapat dihitung

$$A = Q / V = 2,28 / 1,5 = 1,52 \text{ m}^2$$

Coba ukuran lebar saluran = 2,0 m maka kedalaman saluran adalah $1,52 / 2,0 = 0,76$ m.

Nilai $n = 0,015$, maka kemiringan saluran adalah

$$P = b + 2h = 2,0 + 2(0,76) = 3,52 \text{ m}$$

$$R = A / P = 1,52 / 3,52 = 0,431 \text{ m}$$

Maka masukkan ke rumus manning berikut,

$$Q = 1/n \times A \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$2,28 = 1/0,015 \times 1,52 \times 0,431^{2/3} \times I^{1/2}$$

Dari persamaan diatas didapatkan nilai $I = 0,00155$. Tinggi jagaan pada saluran ini dibuatkan = 0,5 m.

Kedalaman kritis

$$H_c = \sqrt[3]{\frac{(2,28)^2}{\frac{2,0}{9,81}}} = 0,509 \text{ m}$$

6. Bak Penenang (*Forebay*)

Untuk perhitungan dimensi bak penenang dibutuhkan data-data sebagai berikut (perhitungan menggunakan debit rencana:

- $Q = 2,28 \text{ m}^3/\text{dt}$
- $B = 3,90 \text{ m}$
- $\alpha = 1,1$
- $L = 6 \text{ m}$

Dimensi bak penenang:

$$\begin{aligned} h_c &= [(\alpha \times Q^2) / (g \times B^2)]^{1/3} \\ &= [(1,1 \times 2,28^2) / (9,81 \times 4,0^2)]^{1/3} \\ &= 0,332 \text{ m} \end{aligned}$$

Volume bak penenang = $10 \times Q = 22,80 \text{ m}^3$

$$\begin{aligned} V_{sc} &= A_{sc} \times d_{sc} \\ 22,80 &= B \times L \times d_{sc} \\ &= 4 \times 6 \times d_{sc} \\ d_{sc} &= 0,95 \text{ m} \end{aligned}$$

Dimensi kolam penenang harus sesuai dengan kaidah bahwa $L/B \geq 8$, maka diambil $L/B = 10$ dan B diambil yaitu $4,0 \text{ m}$ maka $L = 10 \times 4,0 = 40 \text{ m}$

Pada bak penenang diperlukan saluran pelimpah, dimana untuk mengalirkan kelebihan kuantitas air ke sungai melalui saluran pelimpah dengan aman ketika turbin dihentikan.

Kedalaman kritis

$$H_c = \sqrt[3]{\frac{(2,28)^2}{4,0 \times 9,81}} = 0,202 \text{ m}$$

Panjang spillway

$$L = \frac{120\% \times 2,28 \times 25\%}{1,72 \times H_c^{3/2}} = 4,284 \text{ m}$$

7. Pipa Pesat (Penstock)

Untuk mendapatkan diameter pipa pesat dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

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

dengan:

$$\begin{aligned} n &= 0,015 \\ Q &= 2,28 \text{ m}^3/\text{dt} \\ L &= 60,00 \text{ m} \\ H_p &= 42,50 \text{ m} \end{aligned}$$

Diameter pipa pesat dapat dihitung dengan rumus berikut

$$\begin{aligned} D_p &= 2,69 \times \left(\frac{n^2 \times Q p^2 \times L p}{H_p} \right)^{0,1875} \\ &= 0,809 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= Q / A \\ &= 2,28 / (1/4\pi D_p^2) \\ &= 4,434 \text{ m}/\text{dt} \end{aligned}$$

8. Saluran Pembuang Akhir (Tail Race)

Saluran pembuang akhir (*tail race*) direncanakan berbentuk segi empat dari pasangan batu.

Kapasitas saluran direncanakan $Q = 2,28 \text{ m}^3/\text{dt}$.

$$\begin{aligned} b &= 5,10 \text{ m} \\ n &= 0,015 \text{ (pasangan batu)} \\ s &= 0,014 \end{aligned}$$

Persamaan Manning:

$$\begin{aligned}
 Q &= V \times A \\
 V &= \frac{1}{n} \times (A/P)^{2/3} \times S^{1/2} \times b \times h \\
 &= \frac{1}{0.015} \times (b \times h / b + 2h)^{2/3} \times 0.014^{1/2} \\
 &= 7,888 \times (5,1 \times h / 5,1 + 2h)^{2/3} \\
 &= 7,888 \times (h/2h)^{2/3} \times (5,1 \times h)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= V \times A \\
 2,28 &= 7,888 \times (h/2h)^{2/3} \times (5,1 \times h)
 \end{aligned}$$

Dengan cara coba-coba (*trial and error*) dapat diketahui kedalaman air, $h = 0,356$ m

9. Perhitungan Kehilangan Tinggi Tekan

Dengan elevasi Muka Air Normal (*Normal Water Level*) pada bak penenang +1880,95 dan rencana elevasi turbin +1875,85, maka terdapat beda tinggi (*Head Gross*) = 5,07m = 5,1 m. Maka beda tinggi efektif adalah beda tinggi (*Head Gross*) dikurangi kehilangan tekanan-tekanan yang terjadi dengan total 4,874 m.

10. Turbin Air

dengan diketahui bahwa tinggi jatuh efektif adalah 42,50 meter dan debit desain sebesar 2,28 m³/dt, maka dipilih Turbin Banki/Crossflow.

11. Kapasitas Daya dan Energi

Besarnya daya dan energi yang dibangkitkan oleh debit sebesar 2,28 m³/dt dan tinggi jatuh efektif 42,50 m.

$$\text{Efisiensi turbin, } \eta_t = 0,97$$

$$\text{Efisiensi generator, } \eta_g = 0,96$$

Daya listrik yang dibangkitkan dihitung dengan memakai persamaan:

$$\begin{aligned}
 P \text{ Turbin} &= 9,81 \times Q \times H_{\text{eff}} \times \eta_t \\
 &= 9,81 \times 2,28 \times 42,50 \times 0,97 \\
 &= 922,071 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P \text{ Generator} &= P \text{ Turbin} \times \eta_g \\
 &= 922,071 \times 0,96 \\
 &= 885,188 \text{ kW} = 885188 \text{ W}
 \end{aligned}$$

13. Jumlah Rumah yang Dapat Dilayani

Berdasarkan ketersediaan daya yang dibangkitkan melalui PLTMH Sungai Batang Pelangai Gadang ini maka dapat dihitung berapa rumah yang akan menerima suplai daya listrik baru, dengan estimasi jumlah kebutuhan minimum listrik per rumah di wilayah pedesaan sebesar 900 watt, maka perhitungan jumlah rumah yang akan menerima suplai daya listrik baru adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Rumah} &= (\text{Daya Hasil Pembangkitan} / \text{Kebutuhan Minimum Listrik}) \\
 \text{Jumlah Rumah} &= 885188 \text{ W} / 900 \text{ W} \\
 &= 984 \text{ Rumah}
 \end{aligned}$$

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan dengan memperhatikan rumusan masalah dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam perhitungan debit andalan Sungai Palangai Gadang menggunakan metode *Mock Model*, perencanaan PLTMH Sungai Batang Pelangai Gadang menggunakan debit andalan Q_{80} sebesar 1,90 m³/dt.

2. Klasifikasi turbin berdasarkan tinggi jatuh efektif setinggi 42,50 m dan kecepatan spesifik (Ns), maka PLTMH Sungai Batang Pelangai Gadang menggunakan Turbin Banki/*Crossflow*.
3. Besarnya daya yang dihasilkan dengan debit 2,28 m³/dt dan tinggi jatuh efektif setinggi 42,50 m adalah 922,071 kW.
4. Besarnya energi listrik yang dihasilkan dengan debit 2,28 m³/dt, sebesar 885188 kW.
5. Banyaknya rumah yang mendapat suplay daya listrik baru dengan energi listrik yang dihasilkan sebesar 885188 kW dan kebutuhan minimum listrik per rumah sebesar 900 W adalah 984 Rumah.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim.1984.*Diktat Strobe Function Method*, Tidak Dipublikasikan
Anonim.2011.*Jayawijaya Dalam Angka 2011*, Tidak Dipublikasikan
Arismunandar, Artono.1991. *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik I*, PT. Pradnya Paramita.
Jakarta
Direktorat Jendral Pengairan. 1986. *Standar Perencanaan Bagian Bangunan Utama KP-02*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
Montarich, Lily. 2010. *Hidrologi Praktis*. CV. Lubuk Agung. Bandung
Patty, O. 1995. *Tenaga Air*. Erlangga. Jakarta.