

# POTENSI PEMBANGUNAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MINI HIDRO (PLTM) PADA SUNGAI BATANG KENAIKAN KABUPATEN PASAMAN BARAT

FEBRUARMAN\*, HENDRI HARDIYANTO, MUHAMMAD SHUBHI NURUL HADIE

*Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas.*

\*Corresponding Author : ✉ [februarman@eng.unand.ac.id](mailto:februarman@eng.unand.ac.id)

Naskah diterima : 10 Desember 2023. Disetujui: 22 Desember 2023. Diterbitkan : 30 Desember 2023

## ABSTRAK

Sungai yang mengalir dari daerah perbukitan atau pegunungan dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan meliputi seperti; sumber air minum, irigasi, perikanan, pembangkit listrik, serta alur pelayaran dibagian hilir. Provinsi Sumatera Barat sebagian besar daerah pegunungan dan mempunyai banyak aliran sungai yang mengalir ke arah Timur dan Barat dari bukit Barisan. Kondisi ini memungkinkan dikembangkannya pembangunan pembangkit listrik tenaga air yang memanfaatkan tinggi jatuh (head) dan debit aliran sungai. Salah satu potensi pembangunan pembangkit listrik mini hidro (PLTM) adalah di Batang Kenaikan, yang berlokasi di Kelurahan Paraman Ampalu, Kecamatan Gunung Tuleh, Kabupaten Pasaman Barat. Potensi pembangunan PLTM pada sungai Batang Kenaikan didasarkan kondisi topografi yang memungkinkan adanya tinggi jatuh (head) yang memadai dan debit aliran sungai yang dapat menghasilkan energi listrik. Untuk itu diperlukan kajian potensi dengan memilih debit rencana sehingga dapat menghasilkan beberapa nilai produksi daya. Berbagai produksi daya ini dapat dijadikan bahan pertimbangan yang terkait dengan biaya pembangunan dan pola operasi yang disepakati dengan PT. PLN (Persero). Pada penelitian ini data yang digunakan meliputi data debit harian dari pencatatan automatic water level record (AWLR) dengan rentang waktu 15 tahun terakhir. Dari data debit tersebut dapat digambarkan Flow Duration Curve (FDC) untuk mengetahui hubungan debit dengan probabilitas kejadiannya, dan ini sebagai dasar dalam memilih debit rencana pembangkit dan produksi energi tahunan. Berdasarkan kondisi topografi lokasi, elevasi mercu bendung direncanakan pada ketinggian +200 m dpl, bak penenang diketinggian +197 m dan lokasi power house berada di ketinggian +150 m, sedangkan panjang saluran pembawa 2400 m. Dari elevasi tersebut di dapatkan tinggi jatuh, H sebesar 50 m. Dengan asumsi tinggi jatuh efektif, Heff adalah  $90\% \times H$ , maka Heff diperoleh 45 m. Dengan mencoba debit rencana yang digunakan adalah Q40% s/d Q80% , dari FDC didapatkan Q40% = 17.97 m<sup>3</sup>/s, Q50% = 14.99 m<sup>3</sup>/s, Q60% = 12.98 m<sup>3</sup>/s, Q70% = 11.17 m<sup>3</sup>/s, dan Q80% = 9.54 m<sup>3</sup>/s. Berdasarkan tinggi jatuh dan debit rencana, jenis turbin yang sesuai adalah turbin Francis dan efisiensi generator 0,95, maka diperoleh energi tahunan untuk setiap Qrencana yaitu; W40 = 40413,97 MWh, W50 = 37108,22 MWh, W60 = 34744,17 MWh, W70 = 31296,90 MWh, dan W80 = 27606,57 MWh.

**Kata kunci** : PLTM, debit rencana, daya, energi listrik

## 1. PENDAHULUAN

Sungai merupakan sebuah aliran air memanjang yang bergerak secara alami akibat adanya gaya gravitasi. Sungai mengalirkan air dari daerah dataran tinggi (sumber) dan berakhir di muara melalui lembah yang curam, landai, dan terus ke dataran rendah sampai ke laut. Sungai sangat berguna bagi kehidupan manusia, selain hanya untuk sumber air minum dan irigasi, sungai juga berfungsi sebagai jalur transportasi dan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Sungai-sungai di Indonesia mempunyai potensi besar untuk pengembangan pembangkit listrik tenaga air sebagai sumber energy air seperti PLTM dan PLTMH (Desti dan Ula, 2021).

Pengembangan pembangunan pembangkit listrik tenaga air merupakan salah satu penggunaan energi baru dan terbarukan. Pengembangan penggunaan energi baru dan terbarukan tersebut merupakan prioritas pemerintah dalam pemenuhan kebutuhan listrik nasional, dan telah tercantum pada Undang-Undang, Peraturan Pemerintah, Peraturan Presiden, Peraturan Menteri, maupun peraturan pendukung lainnya. Indonesia yang sebagian wilayahnya bergunung dan berbukit membuatnya memiliki potensi energi air yang sangat besar. Potensi ini menjadi prioritas pemerintah dalam mencapai bauran antara energi baru dan terbarukan dengan target paling sedikit 23% pada tahun 2025 dan paling sedikit 31% pada tahun 2030. Untuk mencapai target ini pemerintah telah menentukan arah kebijakan dan rencana strategis yang tercantum pada Rencana Umum Energi Nasional (RUEN). Energi air dapat dimanfaatkan sesuai potensi daya yang dapat dihasilkan yaitu PLTA, PLTM, PLTMH, dan juga sebagai penyimpan energi dengan teknologi *pumped storage* (Taufiqurrahman & Windarta, 2020)

Di Provinsi Sumatera Barat sudah ada beberapa sungai yang telah dimanfaatkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air diantaranya PLTA Batang Agam (Daya 10,5 MW), Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) Lubuk Gadang di Kabupaten Solok Selatan (daya 7,5 MW). Disamping itu juga banyak dilakukan studi potensi pengembangan pembangkit listrik tenaga air salah satunya di Sungai Batang Anai. Dari hasil studi ini diperoleh energi tahunan sebesar 30746,12 MWh untuk  $Q_{40}$  dan 22940,13 MWh untuk  $Q_{70}$  (Arifin, 2015).

Sedangkan di kabupaten lain terdapat juga potensi PLTM Batang Kenaikan tepatnya di Kelurahan Paraman Ampalu, Kecamatan Gunung Tuleh, Kabupaten Pasaman Barat. Potensi pembangunan PLTM pada sungai Batang Kenaikan didasarkan kondisi topografi yang memungkinkan adanya tinggi jatuh (head) yang memadai dan debit aliran sungai yang dapat menghasilkan energi listrik. Untuk itu diperlukan kajian potensi dengan memilih debit desain untuk mendapatkan daya optimum, yaitu daya yang besar dengan faktor kapasitas (*capacity factor*) yang tidak terlalu kecil karena akan menentukan dan mempengaruhi sistem interkoneksi yang diterapkan oleh PT. PLN (Persero). Pemilihan debit dan lokasi PLTM juga harus mempertimbangkan pemanfaatan aliran sungai untuk irigasi dan kebutuhan lainnya. Oleh karena itu perlu kajian ketersediaan air disungai sepanjang waktu serta tinggi jatuh dengan meminimalisir biaya konstruksi seperti panjang saluran pembawa, Panjang pipa pesat serta dimensi bangunan bending.

Tujuan Penelitian ini adalah untuk menentukan potensi energi listrik tahunan yang dihasilkan sungai Batang Kenaikan dengan berbagai pilihan debit rencana. Sedangkan hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan bagi pengembang bidang energi dalam menindak lanjuti potensi energi listrik pada sungai Batang Kenaikan melalui

studi kelayakan yang meliputi kajian teknis dan finansialnya. Lokasi penelitian pada ruas tengah sungai Batang Kenaikan seperti ditunjukkan **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian pada Sungai Batang Kenaikan (Google Maps)

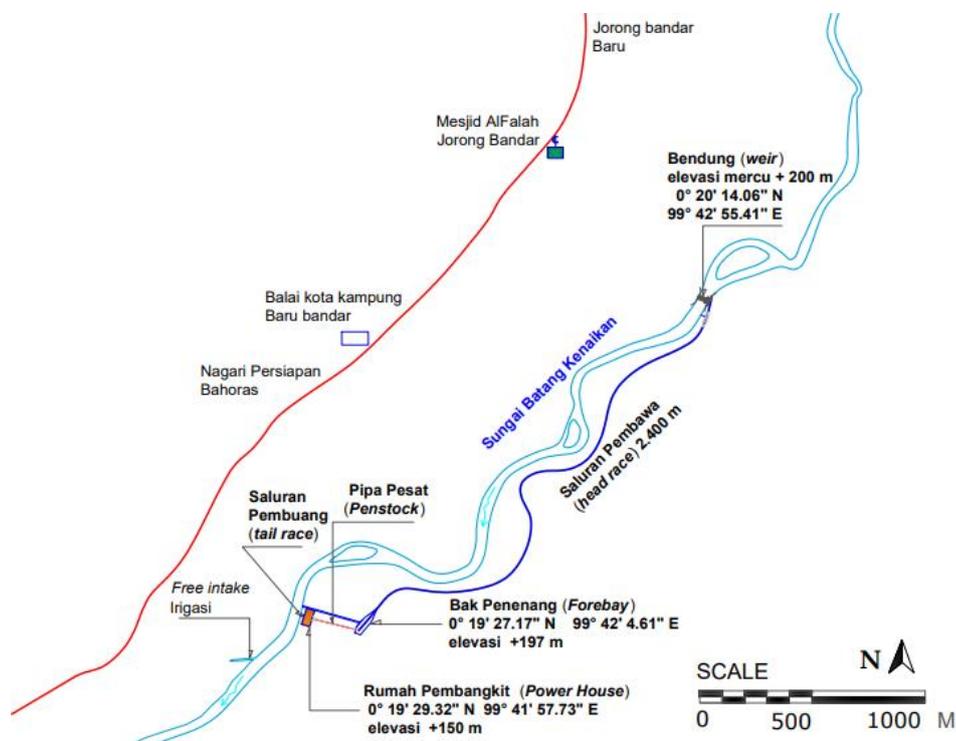
## 2. METODOLOGI

Tahapan pertama yang dilakukan adalah memilih lokasi PLTM tipe run-of-river (ROR) yaitu pembangkit yang mengandalkan aliran sungai tanpa adanya penyimpanan (Arismunandar & Kuwahara, 1982), pengumpulan data sekunder meliputi peta topografi, dan data debit (Sta. AWLR Muara Kiawai). Tahap kedua adalah menetapkan posisi bangunan sipil PLTM mulai dari posisi bendung, trase saluran pembawa, bak penenang, trase pipa pesat dan rumah pembangkit yang meliputi koordinat dan elevasi masing-masingnya. Tahapan ketiga adalah melakukan analisis frekuensi data debit dengan membuat nilai debit prosional perbandingan luas *catchment area* pada posisi bendung dengan luas *catchment area* lokasi sta. AWLR. Tahapan keempat adalah menggambarkan hubungan hubungan besaran debit terhadap probabilitas kejadian berdasarkan hasil analisis frekwensi aliran dengan menentukan interval kelas data terlebih dahulu, mengingat banyaknya jumlah data. Gambar kurva hubungan ini dikenal dengan kurva durasi aliran (*Flow duration curves, FDC*). Tahapan kelima memilih debit-debit tertentu dalam hal menentukan besarnya daya dengan tinggi jatuh yang telah ditetapkan sesuai kedua diatas. Dari sini akan diperoleh besaran daya input. Dengan menggunakan FDC akan didapatkan rasio debit real terhadap debit rencana. Rasio debit ini nantinya akan mempengaruhi nilai koefisien turbin disamping ada pula keofien generator yang nilainya ditentukan pabrikan. Tahapan keenam adalah menentukan produksi energi tahunan untuk setiap debit rencana yang dipilih dengan memanfaatkan FDC. Setelah itu dapat direkap energi tahunan dari setiap debit rencana yang dipilih. Pada penelitian ini debit rencana yang dipilih mulai dari  $Q_{40}$  sd  $Q_{80}$ .

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN.

#### 3.1. Skema PLTM Batang Kenaikan

Lokasi penelitian yang dipilih adalah pada Sungai Batang Kenaikan yang terletak di Paraman Ampalu Kecamatan Gunung Tuleh Kabupaten Pasaman Barat. Lokasi yang dipilih berpotensi menghasilkan daya listrik karena topografi mendukung untuk mendapatkan tinggi jatuh antara 40 m sd 60 meter dengan tidak mengganggu bangunan-bangunan yang ada seperti *free intake*. Disamping itu debit aliran sungai dapat diandalkan, dimana pada posisi calon lokasi bending, luas *catchment area* ± 190 km<sup>2</sup>. Setelah mempertimbangkan beberapa aspek yang akan mempengaruhi setiap komponen bangunan sipil, maka ditetapkan skema PLTM seperti ditunjukkan **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Skema PLTM Batang Kenaikan

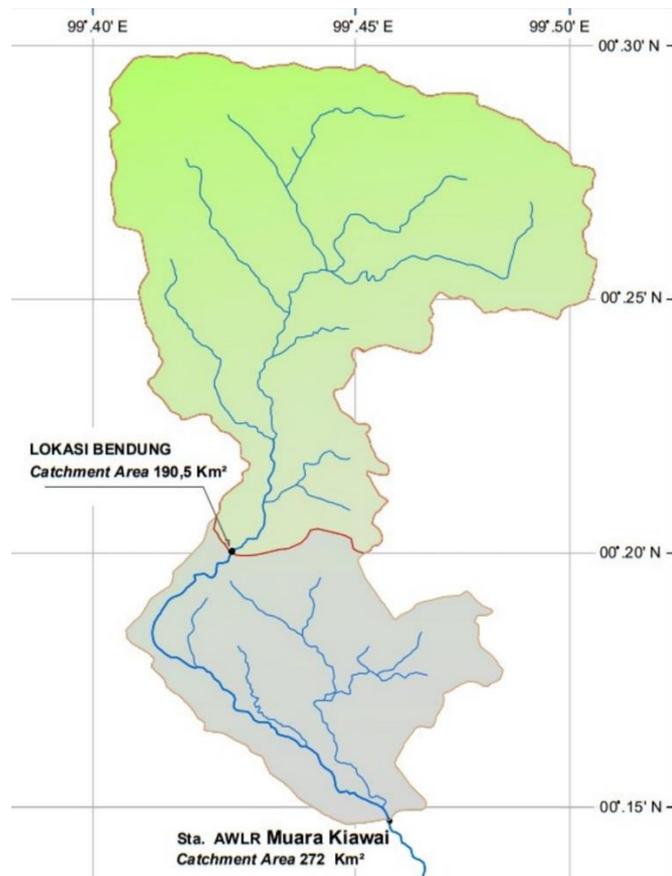
Berdasarkan peta Google Earth, dan selanjutnya digambarkan dengan menggunakan software AutoCad, dioeroleh data-data sebagai berikut:

1. Bendung (*weir*) dengan elevasi mercu +200 m dan koordinat geografis 0°20'14.06"N dan 99°42'55.41"E
2. Saluran pembawa (*head race*) yang mengalirkan air dari pintu pengambilan (*intake*) ke bak penenang (*forebay*) dengan Panjang total saluran ± 2.400 m.
3. Bak penenang memiliki elevasi lebih rendah dari elevasi air di pintu pengambilan karena adanya kehilangan tinggi tekan pada pintu, *sediment trap*, sepanjang salurna pembawa. Elevasi bak penenang diperkirakan menjadi +197 m. Koordinat bak penenang 0°19'27.17"N dan 99°42'4.61"E.

4. Pipa pesat, adalah saluran tertutup yang mengalirkan air dari bak penenang ke turbin pada rumah pembangkit. Disin juga ada kehilangan tinggi tekan mulai dari masuknya air ke pipa pesat, sepanjang pipa, percabangan dan masuk ke turbin.
5. Rumah Pembangkit dibangun pada elevasi lebih rendah dari bak penenang untuk mendapatkan tinggi jatuh, dalam rumah pembangkit terdapat turbin air dan generator listrik. Elevasi pusat turbin direncanakan pada elevasi +150 m. koordinat Rumah pembangkit  $0^{\circ}19'29.32''N$  dan  $99^{\circ}41'57.73''E$ . Selanjutnya saluran pembuang yang mengalirkan air dari turbin kembali ke sungai.

### 3.2. Analisis Hidrologi

Hidrologi merupakan ilmu yang berkaitan dengan air di muka bumi, baik mengenai proses terjadinya, peredarannya dan penyebarannya, sifat-sifatnya dan hubungan dengan lingkungannya (Triatmodjo, 2008). Siklus Hidrologi adalah proses yang diawali oleh evaporasi/penguapan kemudian terjadi kondensasi dari awan hasil evaporasi, awan terus terproses sehingga terjadilah hujan yang jatuh ketanah, kemudian air yang jatuh ketanah terbagi sebagai *run off* dan ada yang mengalami infiltrasi kedalam lapisan tanah, kemudian air mengalir ke laut, danau, sungai dan kembali terjadi proses penguapan kembali. Besarnya debit aliran yang terjadi disungai dapat melalui analisis data curah hujan yang terjadi atau dari analisis data pengukuran langsung di sungai (AWLR). Besarnya debit aliran yang terjadi pada suatu posisi di alur sungai, terkait langsung dengan luas tangkapan hujan (*catchment area*) arah ke Hulu posisi tersebut seperti diperlihatkan pada **Gambar 3**.



**Gambar 3.** Catchment Area Batang Kenaikan

### 3.3. Analisa frekuensi aliran sungai

Dalam teknik keairan, sering dilakukan analisis frekwensi atas kejadian berulang dari suatu aliran-aliran untuk periode waktu (rentang waktu) dimana suatu aliran tertentu diharapkan disamai atau dilampaui. Dibawah ini diberikan tinjauan analisis aliran harian rata-rata.

Ambil  $n$  tahun dari pencatatan data-data aliran di stasiun pengukuran sungai, maka ada 365 (6) data debit harian rata-rata. Frekuensi kejadian berulang dalam suatu kelas (*group*) tertentu kemudian dikumpulkan mulai dari yang tertinggi. Ada yang menggunakan pendekatan jumlah kelas sebagai berikut :

$$\text{Jumlah Kelas} = 1 + 3,22 \log n \quad (1)$$

$n$  = jumlah data

Jika debit andalan menggunakan metode statistik ranking, maka analisa probabilitas debit untuk setiap presentase dihitung menggunakan rumus Weibull (Rinne, 2009).. Rumus perhitungan besaran peluang berdasarkan prosedur dan instruksi kerja perhitungan debit andalan No.QA/HDR/ANL/01/2011:

$$P(X \geq x) = \frac{(m - \alpha)}{(n + 1 - 2\alpha)} \times 100\% \quad (2)$$

Di mana:

$P(X \geq x)$  : Probabilitas atau peluang terjadinya variabel  $X$  (debit) yang lebih besar atau sama dengan  $x$  (m<sup>3</sup>/detik)

$m$  : Peringkat data

$n$  : Jumlah data

$X$  : Seri data debit

$x$  : Debit andalan jika probabilitas sesuai dengan peruntukannya

untuk formula Weibull yang sering digunakan dalam bidang hidrologi,  $\alpha = 0,000$  sehingga persamaan (2) menjadi:

$$P(X \geq x) = \frac{(m)}{(n + 1)} \times 100\% \quad (3)$$

Untuk data debit aliran Batang Kenaikan digunakan data AWLR dari tahun 2006 sampai dengan data tahun 2020, yaitu data pencatatan di Sta. AWLR Muara Kiawai dengan luas *catchment area* 272 km<sup>2</sup>. Data tersebut diperoleh dari Dinas Sumber Daya Air dan Bina Konstruksi (SDA-BK) Provinsi Sumatera Barat.

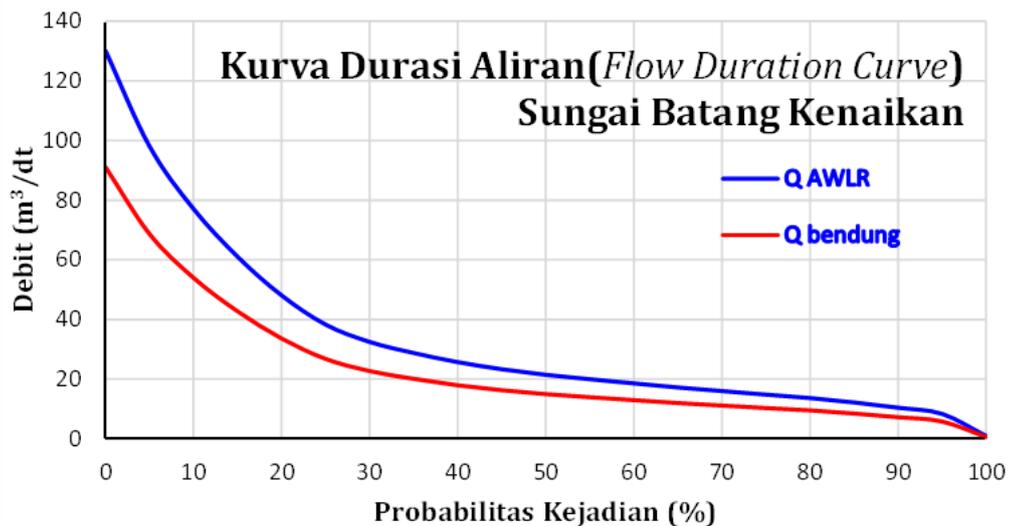
Dalam permasalahan teknik sumber daya air perlu adanya analisa frekuensi suatu kejadian berulang dari aliran dalam suatu periode waktu tertentu, dimana suatu aliran tertentu diharapkan disamai atau dilampaui. Debit yang terjadi akan dihitung diurutkan mulai dari yang tertinggi. Selanjutnya dihitung jumlah frekuensi dari masing masing interval kelas lalu di kumulatiffkan dan dikonversikan kedalam persentase dari jumlah total hari yang dihitung selama suatu debit aliran tertentu disamai atau dilampaui. Hasil ini merupakan dasar dari pembuatan kurva durasi aliran (FDC).

Penyajian data debit dalam suatu rentang waktu dapat disajikan dalam bentuk hubungan antara waktu dan besaran debit yang tercatat. Untuk mengetahui suatu peluang kejadian

debit di lokasi stasiun debit dengan probabilitas tertentu yang diinginkan, maka data debit tersebut dapat diolah menjadi FDC seperti ditunjukkan pada **Tabel 1**. dan **Gambar 4**

**Tabel 1.** Hubungan data debit pada Sta. AWLR Muara Kiawai dan lokasi Bendung terhadap probabilitas kejadian

% kejadian	Q AWLR	Q Bendung	% kejadian	Q AWLR	Q Bendung
0	130,00	91,05	55	19,94	13,96
5	98,00	68,64	60	18,54	12,98
10	77,00	53,93	65	17,16	12,02
15	61,00	42,72	70	15,95	11,17
20	48,00	33,62	75	14,76	10,34
25	38,25	26,79	80	13,63	9,54
30	32,43	22,71	85	12,15	8,51
35	28,72	20,12	90	10,39	7,28
40	25,65	17,97	95	8,31	5,82
45	23,29	16,31	100	0,90	0,63
50	21,41	14,99			



**Gambar 4.** Kurva Durasi Aliran Batang Kenaikan

### 3.4. Produksi Daya dan Energi Listrik

Daya pembangkit menggunakan rumus berikut:

$$P_{max} = 9,81 \times H_{eff} \times Q \times \eta_t \quad (4)$$

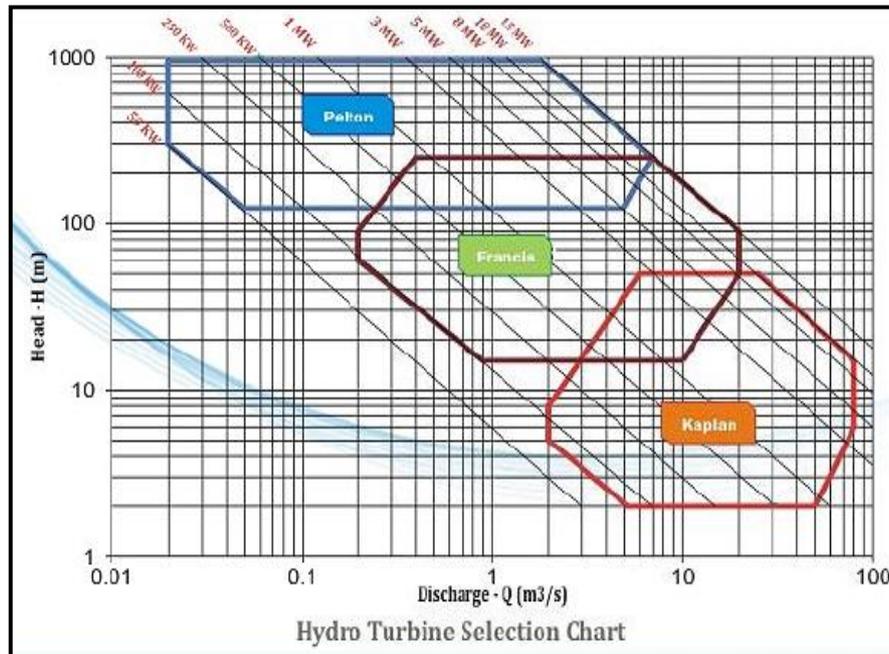
di mana:

- $P_{max}$  : daya yang dihasilkan (kW)
- $H_{eff}$  : tinggi jatuh netto (m)
- $Q$  : debit aliran (m<sup>3</sup>/detik)

$\eta_t$  : efisiensi turbin dan generator

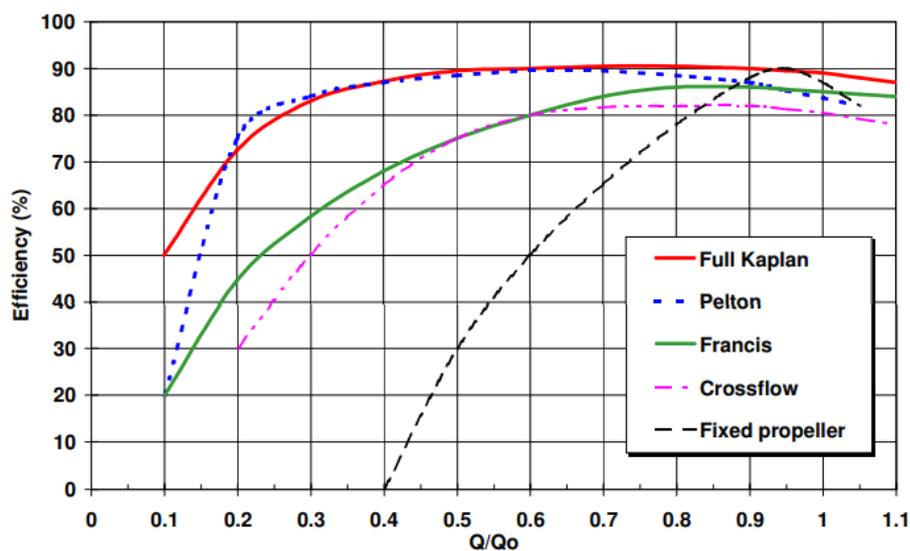
$\eta$  generator = 0,95 diambil dari efisiensi pabrikan, dan  $\eta$  turbin diambil dari efisiensi turbin yang dipilih.

Jenis turbin yang akan digunakan tergantung kepada tinggi jatuh efektif dan besar debit aliran seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 5**.



**Gambar 5.** Diagram Pemilihan Jenis Turbin Air

Sedangkan nilai efisiensi untuk berbagai jenis turbin air seperti pada diagram pada **Gambar 6**.



**Gambar 6.** Diagram efisiensi turbin (Sumber : *The British Hydro Association*)

Berdasarkan skema calon PLTM dan rencana elevasi bangunan bangunan utama, maka tinggi jatuh kotor ( $H_{bruto}$ ) adalah sebesar  $200\text{ m} - 150\text{ m} = 50\text{ m}$ . Karena adanya rupa rupa kehilangan tinggi tekan, sebagai langkah awal diasumsikan kehilangan tinggi tekan ini sebesar  $10\% H_{bruto} = 10\% \times 50\text{ m} = 45\text{ m}$  ( $H_{eff}$ ). Kemudian dari **Tabel 1** diperoleh debit ( $Q_{40}$ ,  $Q_{50}$ ,  $Q_{60}$ ,  $Q_{70}$  dan  $Q_{80}$  masing-masing dengan nilai  $17,67\text{ m}^3/\text{dt}$ ,  $14,99\text{ m}^3/\text{dt}$ ,  $12,98\text{ m}^3/\text{dt}$ ,  $11,17\text{ m}^3/\text{dt}$ , dan  $9,54\text{ m}^3/\text{dt}$ . Dari nilai-nilai ini, setelah di plot ke diagram pada **Gambar 5**, maka turbin yang sesuai adalah turbin reaksi Francis. Untuk menentukan efisiensi turbin akan digunakan diagram pada **Gambar 6**.

Produksi energi tahunan dirumuskan seperti berikut:

$$W = P \times 24 \times N \times \%prob \tag{5}$$

di mana:

- P : daya yang dihasilkan (kW)
- 24 : jumlah jam dalam 1 hari
- N : hari operasi dalam 1 tahun
- $\%prob$  : probabilitas yang dipilih

Dari rumus diatas menjelaskan bahwa energi yang dihasilkan merupakan daya dalam hitungan waktu, dimana 24 merupakan jumlah jam dalam 1 hari dan N merupakan hari operasional dalam setahun yang dalam penelitian ini menggunakan nilai 350 hari. Kegiatan pemeliharaan  $\pm 15$  hari setiap tahunnya. Dengan menggunakan angka-angka perubahan debit pada **Tabel 1**, persamaan (4) dan persamaan (5) serta diagram efisiensi turbin Francis pada **Gambar 6**, maka diperoleh besarnya daya dan energi tahunan untuk setiap debit rencana yang ditetapkan diatas seperti terlihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Daya dan produksi energi untuk  $Q_{40}$

Debit (m <sup>3</sup> /dt)	Prob. (%)	Q/Qmaks (%)	hT	hG	hTot	daya (kW)	D Prob.(%)	Energi (MWh)
17,97	40	100	1,00	1	1	7930,79	100	66618,61
17,97	40	100	0,90	0,95	0,86	6780,82	40	22783,57
16,31	45	91	0,92	0,95	0,87	6292,22	5	2642,73
14,99	50	83	0,93	0,95	0,88	5848,00	5	2456,16
13,96	55	78	0,93	0,95	0,88	5446,48	5	2287,52
12,98	60	72	0,91	0,95	0,86	4955,23	5	2081,20
12,02	65	67	0,87	0,95	0,83	4384,40	5	1841,45
11,17	70	62	0,82	0,95	0,78	3842,14	5	1613,70
10,34	75	58	0,79	0,95	0,75	3425,43	5	1438,68
9,54	80	53	0,76	0,95	0,72	3041,68	5	1277,51
8,51	85	47	0,73	0,95	0,69	2604,41	5	1093,85
7,28	90	41	0,70	0,95	0,67	2137,16	5	897,61
5,82	95	32	-	-	-	-	-	-
							Et	40413,97

Dari **Tabel 2** diatas dapat dilihat, bahwa output daya untuk  $Q_{40}$  adalah sebesar  $6780,82\text{ kW}$  ( $6,78\text{ MW}$ ), dan produksi energi total tahunan sebesar  $40413,97\text{ MWh}$ . Dengan cara yang sama juga dilakukan untuk debit rencana  $Q_{50}$ ,  $Q_{60}$ ,  $Q_{70}$  dan  $Q_{80}$  akan diperoleh daya output

dan energi tahunan total untuk masing-masingnya. Nilai daya dan energi tahunan tersebut ditampilkan pada **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Daya dan produksi energi untuk  $Q_{40}$ ,  $Q_{50}$ ,  $Q_{60}$ ,  $Q_{70}$  dan  $Q_{80}$

Prob (%)	Debit (m <sup>3</sup> /dt)	Daya Maks (kW)	Total Energi MWh
40	17,97	6780,82	40413,97
50	14,99	5659,36	37108,22
60	12,98	4900,78	34744,17
70	11,17	4216,98	31296,90
80	9,54	3601,99	27606,57

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa Batang Kenaikan mempunyai potensi untuk pembangunan pembangkit dengan kapasitas terpasang antara 4 MW sampai 8 MW untuk satu segmen yang dipilih dengan produksi energi tahunan berkisar antara 30000 MWh sampai 40000 MWh. Hasil ini dapat ditindaklanjuti dengan melakukan studi kelayakan yang dapat mengkaji berbagai aspek secara komprehensif yang meliputi aspek teknis, ekonomi dan finansial, sosial budaya, lingkungan dan kebijakan pemangku kepentingan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, M. (2015). Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Air di Sepanjang Batang Anai Kecamatan Dua Kali Sebelas Kayu Tanam. Padang: Universitas Andalas.
- Arismunandar, A., S. Kuwahara.(1982). Teknik Tenaga Listrik. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Desti, Icha, Azizatul Ula. (2021). Jurnal Sains Edukatika Indonesia (JSEI) Vol. 3, No. 2, Hal. 17-24.
- Rinne, Horst. (2009). The Weibull Distribution: A Handbook. London: CRC Press.
- Taufiqurrahman, Asa, Jaka Windarta (2020). Overview Potensi dan Perkembangan Pemanfaatan Energi Air di Indonesia. Jurnal Energi Baru & Terbarukan, Vol. 1, No. 3, pp 124 – 132
- The British Hydropower Association (2012), A Guide to UK Mini-Hydro Development
- Triatmodjo, B. (2008). Hidrologi Terapan. Beta Offset: Yogyakarta