

## Analisa Potensial Debit Air Pada Bendungan Bandar Sei Jepang Sebagai Pemanfaatan Pembangkit Listrik

Muchsin Harahap<sup>1\*</sup>, Muhammad Fitra Zambak<sup>2</sup>, Marnida Yusfiani<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Pasca Sarjana Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

<sup>1,3</sup>Politeknik Tanjungbalai

<sup>2</sup>Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

\*Email: faizaawan496@gmail.com

### ABSTRACT

The Japanese Bandar Sei River is one of the rivers in Tanjungbalai City with a width of 5.1 km and a width of 6 meters. The river flows into the Asahan River. The river flow can be used as a source of electricity by constructing dams on the river. This is used by the author as a form of studies research. The technique used on this studies is the M.J Mock method to find the value of reliable water discharge and Flow Duration Curva for the probability of water discharge. Based on the findings of the research, the analysis of reliable water discharge calculations obtained from the analysis is 4.93 m<sup>3</sup> / second. The potential for water power generated is Theoretical Power: 94 kW, Turbine Power: 130 kW and Generator Power: 116 kW. The average value of evapotranspiration is 150.88 mm.

**Keywords:** Mainstay Water Discharge, Generated Power, Japanese Bandar Sei River

### PENDAHULUAN

Kawasan Pantai Timur Sumatera Utara dengan letak geografis Kota Tanjungbalai yaitu diantara 2°58'15"- 3°01'32" LU dan 99°48'00"- 99°50'16" BT dengan daerah 107,83 km<sup>2</sup> dan penduduknya mencapai 171,178 jiwa pada tahun 2017[1]. Dengan pertumbuhan penduduk setiap tahunnya mengalami kenaikan sebesar 1,24% dari tahun 2010 dengan jumlah penduduk 154.455 jiwa ke tahun 2017 dengan jumlah penduduk 171.178. Untuk konsumsi energi listrik Kota Tanjungbalai mengalami kenaikan tiap tahunnya sebesar 2,10% dari tahun 2009[2].

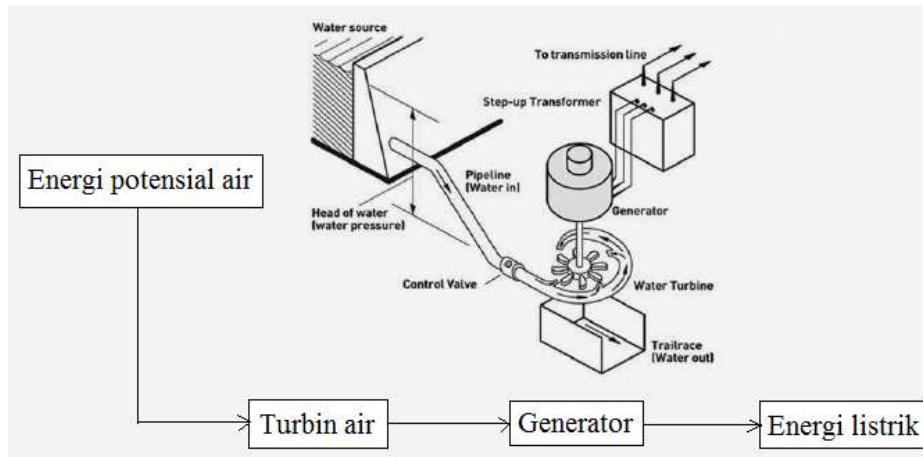
Salah satu bentuknya adalah pemanfaatan sumber daya air pada Sungai Bandar Sei Jepang saat ini telah dibangun Bendungan Bandar Sei Jepang. Aliran sungai ini berasal dari Sungai Silau Pemanfaatan bendungan bisa digunakan pembangkit listrik tenaga air dengan kapasitas kecil (mikrohidro/picohidro) dapat digunakan seperti irigasi, perikanan, pengendalian banjir dan pasokan air dan mendapatkan akses ke layanan energi modern dan mendorong pertumbuhan ekonomi, serta berdampak pada produktivitas[3].

Banyak yang harus di perhatikan dalam pembangkit listrik tenaga air. Salah satunya curahan hujan mempunyai penting pada pembangkit listrik tenaga air. Hal ini dikarenakan bahwa curah hujan pada suatu daerah atau wilayah didalamnya terdapat daerah aliran sungai. Curahan hujan merupakan sumber data untuk mengetahui debit air pada lahan dan besarnya aliran permukaan sungai tersebut (run off river)[4]. Debit air andalan mempunyai peran penting pada pembangkit listrik tenaga air yang diukur secara teliti dalam jangka waktu tertentu[5].

Untuk dapat mengetahui aliran sungai bisa dijadikan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), maka metode teknik dilakukan dengan menyeluruh yang bertujuan dapat menganalisa berbagai keperluan data penelitian. Metode teknis diantaranya survey hidrologi yakni mengukur debit aliran sungai dan pengukuran tinggi air jatuh, struktur bendungan, kontruksi bangunan, bak penampang, rumah pembangkit listrik, penstock, dan titik letak turbin pada terjunan. Hasil survey tersebut akan mendapatkan petunjuk selanjutnya dengan aspek teknis dibutuhkan untuk pemanfaatan air bendungan untuk pembangkit listrik tenaga air mikrohidro. Dengan kata lain, pembangkit tenaga air sangat cocok dilakukan pengembangan, pembangunan ini memerlukan banyak pertimbangan sehingga perlu diselidiki pada pemanfaatan bendungan tersebut[6].

### Teori Pembangkit Listrik Tenaga Air

Pembangunan mikrohidro tertuju kepada debit serta kecepatan air mengalir pada sesuatu tempat dengan ketinggian serta kapasitas tertentu. Pada prinsipnya pembangkit listrik tenaga mikrohidro menggunakan perbandingan ketinggian serta jumlah debit air/detik. Dimana aliran air ini menggerakkan poros turbin serta menciptakan tenaga mekanik[7]. Tenaga ini menghasilkan generator yang menciptakan listrik. Tenaga mekanik tersebut menggerakkan generator yang hendak menciptakan tenaga listrik. Pada gambar 1 ialah sistem kerja mikrohidro dengan menjelaskan dua hal ialah, debit air serta ketinggian air jatuh (head) buat menciptakan tenaga yang dapat digunakan. Perihal itu ialah sistem konversi tenaga dari wujud tenaga potensial kedalam wujud tenaga mekanik serta tenaga listrik[8].



Gambar 1. Prinsip kerja Pembangkit Listrik Tenaga Air Mikrohidro

Pembangkit listrik tenaga air mempunyai beberapa jenis klasifikasi. Tabel 1 menunjukkan bahwa klasifikasi hidro berdasarkan daya yang dihasilkannya klasifikasi pembangkit listrik tenaga air berdasarkan kapasitasnya adalah sebagai berikut

Tabel 1. Klasifikasi pembangkit listrik tenaga air

Klasifikasi Pembangkit Listrik	Ketinggian Kejatuhan Air	Daya yang di hasilkan (Watt)
PLTA Besar	> 250 Meter	> 100 MW
PLTA Menengah	71 – 250 Meter	15 – 100 MW
PLTA Kecil	50 – 70 Meter	1 – 15 MW
PLTM	15 – 50 Meter	100KW - 1 MW
PLTMH	5 – 15 Meter	5 – 100 KW
Pico Hidro	< 5 meter	< 5 KW

Tindakan selanjutnya peneliti akan melakukan metode teknis meliputi survey hidrologi dan metode pengukuran antara lain sebagai berikut :

**a. Curah Hujan**

Pengambilan data curah hujan ambil dari BPS dari 7 tahun terakhir bersamaan dengan data hujan.

**b. Debit Air**

Debit air dapat dihitung pada rumus :

$$Q = (A \times V) \tag{1}$$

Dimana :

Q : debit (m<sup>3</sup>/detik)

A : luas bagian penampang basah (m<sup>2</sup>)

V : kecepatan aliran air pada luas bagian penampang basah (m/detik)

#### c. Model FJ. Mock

Model perhitungan buat mencari besarnya debit air pada daerah aliran sungai berdasarkan konsep water balance menggunakan Model FJ. Mock melalui informasi nilai empiris dan analisis penyeimbang air guna mengetahui harga debit air bulanan bersumber pada tranformasi informasi curah hujan bulanan, kelembaban tanah, evapotranspirasi, serta tampungan air tanah. Hal ini dituangkan dalam rumus :

$$\Delta E = ETo \cdot \left(\frac{m}{20}\right) \cdot (18 - n)$$

Dimana :

Ea : Nilai Evapotranspirasi aktual

Et : Nilai Evapotranspirasi terbatas

Eto : Nilai Evaporasi potensial metode Penman

m : Faktor bukaan lahan

n : Jumlah hari hujan

Analisa Evapotranspirasi

$$ETo = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} R_n + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} E_a$$

Eto : evapotranspirasi acuan (mm/hari)

$\gamma$  : koefisien psikometrik (mmHg/<sup>0</sup>C)

$\Delta$  : kemiringan kurva tekanan uap jenuh (mmHg/<sup>0</sup>C)

Rn : radiasi bersih diterima di permukaan bumi.

Ea : sinaran di permukaan bumi

Berikut langkah model perhitungan F.J. Mock :

1. Nilai evapotranspirasi terbatas
2. Nilai besar hujan di permukaan tanah
3. Nilai kelembapan tanah
4. Nilai infiltrasi dan dengan koefisien
5. Storage Volume
6. Nilai faktor resesi (k)
7. Nilai Water Surplus
8. Nilai Run Off River

#### d. Kurva Durasi Aliran

Kurva durasi aliran (FDC) dibentuk oleh ringkasan rata-rata debit sungai harian, yang menghubungkan laju aliran melalui persentase persen melalui pengukuran. Durasi kurva aliran dideteksi menggunakan persentase sumbu Y dan aliran skala log persentase sumbu x, atau data debit dari data debit, dan dijelaskan dalam bentuk grafik. Pada bentuk persentase kurva terhadap sumbu y dan sumbu x dan dijelaskan pada bentuk grafik. Pada penelitian ini FDC di lakukan untuk memperlihatkan bentuk hasil dari debit air pada sungai silau.

Untuk membuat kurva durasi aliran menggunakan rumus persamaan Weibull sebagai berikut :

$$P ( X \geq x) = m / (n+1) 100 \% \tag{2}$$

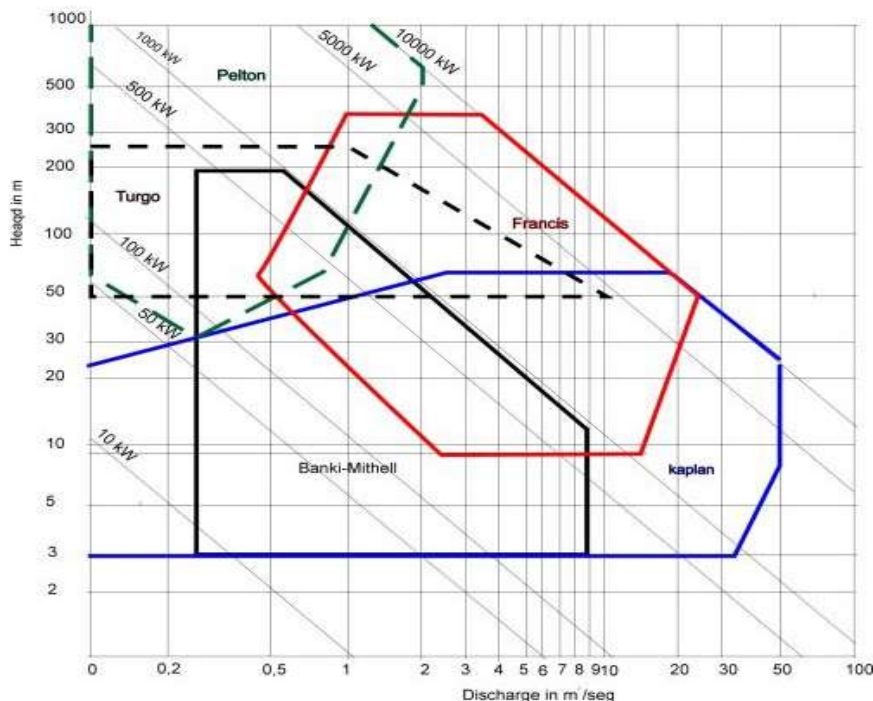
- P : Probabilitas proses terjadinya variabel X (debit) yang sama
- m : Peringkat data
- n : Jumlah Data
- ( $x \geq x$ ) : Debit andalan jika probabilitas sesuai dengan peruntukan nilai 0.8

**e. Tinggi kejatuhan air (Head)**

Pengukuran tinggi jatuh air diantara lokasi air bendungan lakukan secara pengukuran manual dengan metode spirit level and string ini disebut survei tiang[9].

**f. Turbin**

Pemilihan dan pengaturan turbin secara optimal sangat penting untuk nilai operasional dan ekonomisnya[10]. Gambar 2 merupakan grafik pemilihan jenis turbin berdasarkan variasi kejatuhan air dan daya yang di bangkitkan.



Gambar 2. Grafik diagram aplikasi berbagai jenis turbin pemilihan turbin

**g. Generator**

Untuk microhydro yang umumnya digunakan spesifikasi generator adalah 1500 rpm, 50 Hz, 3 fase dengan output tegangan 220 v / 380V Generator 4 Polandia. Generator sinkron memiliki efisiensi antara 75% hingga 90% pada beban penuh, tergantung pada ukuran generator. Efisiensi generator induksi berkisar dari 65% (sebagian) hingga 75% (dengan beban penuh).

**h. Potensial Daya yang dibangkitkan**

Pada penelitian ini tinggi kejatuhan air dengan nilai maksimum adalah H (head) satuan meter (m), maka dengan debit air maksimum pada turbin adalah Q (m<sup>3</sup>/s). Untuk itu diperlukan nilai efisiensi turbin ( $\eta_T$ ) dan efisiensi generator ( $\eta_G$ ) maka dengan diketahui[11] :

$$\text{Daya Teoritis} = 9.8 \times Q \times H \times \eta; \quad (3)$$

$$\text{Daya Turbin} = 9.8 \times Q \times H \times \eta_T; \quad (4)$$

$$\text{Daya Genertator} = 9.8 \times Q \times H \times \eta_G; \quad (5)$$

Keterangan :

P : Daya (kW)

Q : Debit aliran (m<sup>3</sup>/s)

H : Head net (m)

$\eta_T$  : Efisiensi Turbin

9.8 : Konstanta gravitasi

$\eta$  : Efisiensi keseluruhan

$\eta_G$  : Efisiensi Generator

#### i. Model F.J.Mock

Model perhitungan untuk mencari debit andalan menggunakan model F.J. Mock merupakan data empiris dengan menganalisis keseimbangan air berdasarkan data transformasi curah hujan bulanan. Metode Mock mempertimbangkan aliran masuk, aliran air keluar, air tanah penyimpanan. Aliran air masuk adalah presipitasi, aliran keluar ialah infiltrasi, evapotranspirasi.

## METODOLGI

### Lokasi Penelitian

Penelitian yang dilakukan di Bendungan Bandar Sei Jepang Kota Tanjungbalai, Jalan Mesjid, Kelurahan Pulau Simardan, Kecamatan Datuk Bandar Timur, Kota Tanjungbalai Sumatera Utara – 21366. Pada Gambar 3 merupakan lokasi penelitian yang akan dilaksanakan.



Gambar 3 Lokasi Penelitian

### Pengumpulan Data

#### a. Data Primer

1. Pengambilan sampel pengukuran debit aliran didapatkan dengan pengukuran kecepatan aliran dan luas penampang pada air sungai.
2. Pengambilan sample pengukuran ketinggian didapatkan berdasarkan hasil pengukuran lapangan

#### b. Data Sekunder

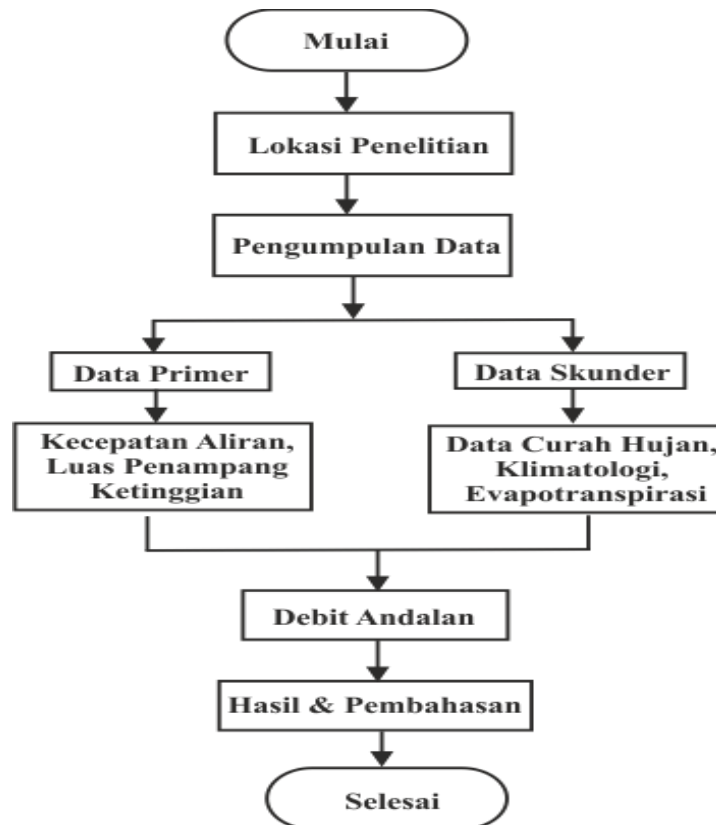
1. Data debit andalan yang diperoleh dari BPS

### Metode Penelitian

Metode penelitian pada kegiatan penelitian ini terbagi dengan berbagai tahapan. Adapun tahapan tersebut dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Pengambilan sampel data
2. Data Primer digunakan menghitung debit rancangan menggunakan metode FJ Mock, data sekunder menghitung debit rancangan dengan menggunakan metode Kurva Durasi Aliran (Flow Duration Curve).

### Prosedur Penelitian



Gambar 4. Flowchart Prosedur Penelitian

### HASIL DAN PEMBAHASAN

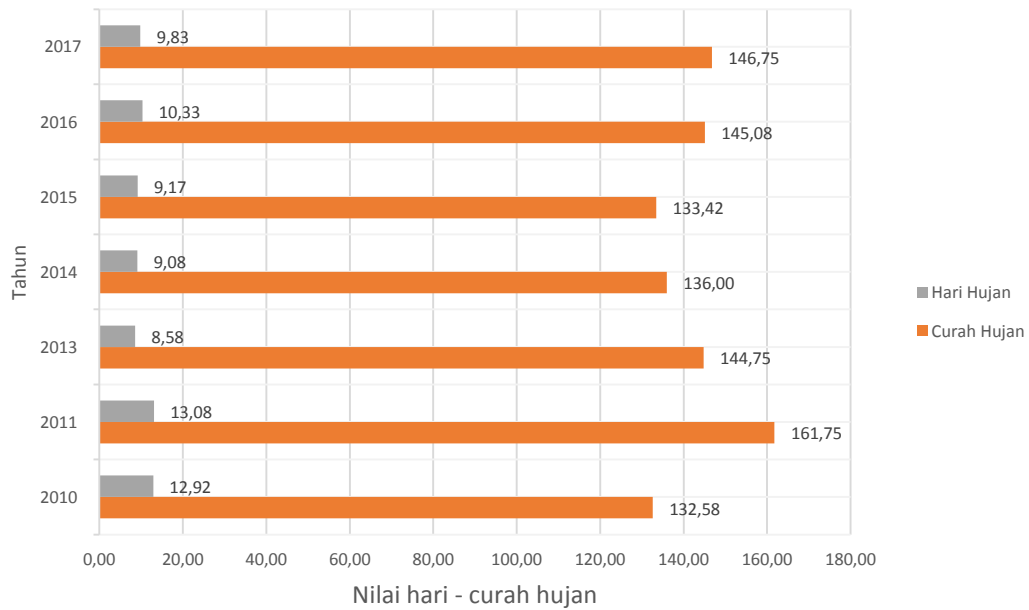
Pada bagian hasil dan pembahasan memaparkan bentuk hasil pengolahan data, dengan mengaitkan sumber rujukan yang relevan. Dari hasil pengolahan data pada penelitian yang dilakukan maka didapat data sebagai berikut :

1. Data curah hujan dan hari hujan tahun 2017 pada tabel berikut

Tabel 1. Curah Hujan dan Hari Hujan tahun 2017

Tahun	Curah hujan	Hari Hujan
2010	132,58	12,92
2011	161,75	13,08
2012	144,75	8,58
2013	136,00	9,08
2014	133,42	9,17

Tahun	Curah hujan	Hari Hujan
2015	145,08	10,33
2016	146,75	9,83
2017	132,58	12,92



Gambar 5. Curah Hujan dan Hari Hujan

Penjelasan dari gambar diatas bahwa nilai tertinggi curah hujan dan hari hujan pada bulan mei sebesar 405

- Untuk nilai evapotranspirasi, Tabel 2 data ini merupakan hasil pengolahan data. Gambar 6 merupakan bentuk grafik hasil dari pengolahan data nilai evapotranspirasi.

Tabel 2. Data Nilai Evapotranspirasi

Bulan	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
ETO	119,93	114,25	133,46	122,71	147,45	149,13	163,52	190,25	205,35	187,65	136,99	123,12



Gambar 6. Nilai Data Evapotranspirasi

Penjelasan Tabel 2 dan Gambar 6 dapat dianalisa bahwa nilai evaporasi dan transpirasi terjadi kenaikan pada bulan agustus – oktober 2017 dan nilai maksimum data evapotranspirasi terjadi pada bulan september adalah 205,35 mm. Dan sebelum bulan agustus, antara januari – juli dan setelah oktober yakni noperember dan desember data evapotranspirasi dalam kondisi rata rata 100 -150 mm. Dalam hal ini bisa ditarik kesimpulan bahwa tahun 2017 proses penguapan (evaporasi) air terjadi kenaikan dibulan agustus – oktober dan curah hujan tinggi

3. Potensi debit andalan air pada Bendungan Bandar Sei Jepang Sungai dengan menggunakan metode J. Mock dengan yang ada pada tabel 3 dibawah ini

Tabel 3. Pengolahan Data Debit Air Andalan Dengan Metode J Mock

No	U R A I A N	Satuan	Jan	Peb	Mar	April	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nop	Des
<b>I DATA HUJAN</b>														
Curah Hujan (P)		mm/hr	193,0	73,0	141,0	33,0	405,0	25,0	81,0	188,0	173,0	157,0	223,0	69,0
Hari Hujan (h)		hari	11	13	9	3	16	4	11	11	15	9	10	6
<b>II EVAPOTRANSPIRASI (Et)</b>														
Evapotranspirasi (ETo)		mm	119,93	114,25	133,46	122,71	147,45	149,13	163,52	190,25	205,35	187,65	136,99	123,12
Permukaan Terbuka (m)		%	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
(m/20) * (18 - h)		-	0,18	0,13	0,23	0,38	0,05	0,35	0,18	0,18	0,08	0,23	0,20	0,30
Et = (ETo) - (E)		mm	98,94	99,97	103,43	76,69	140,08	96,94	134,90	156,96	189,95	145,43	109,59	86,19
<b>V DEBIT ALIRAN SUNGAI</b>														
Debit Aliran Sungai		m3/dtk	24,414	3,781	11,535	2,700	66,305	8,164	5,531	11,426	3,486	5,255	30,586	4,232
Jumlah hari		hari	31	28	31	30	31	30	31	31	31	31	30	31



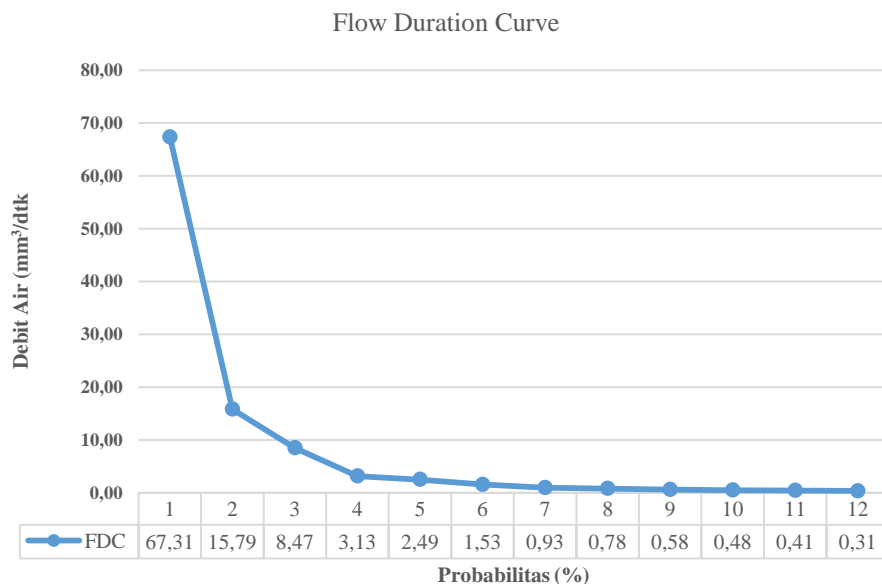
Pada Tabel 3. menerangkan bahwa jumlah debit air andalan pada perhitungan ini adalah 177,42 m<sup>3</sup>/detik. Untuk nilai minimum debit air andalan adalah 2,70 m<sup>3</sup>/detik. Untuk nilai maksimum debit air andalan tahun 2017 sebesar 66,31 m<sup>3</sup>/detik. Sedangkan untuk rata – rata nilai debit air andalan sebesar 14,78 m<sup>3</sup>/detik. Maka debit air andalan sebesar 4,93 m<sup>3</sup>/detik

4. Nilai Probabilitas Flow Duration Curve Debit Air di uraikan pada tabel 4 dan gambar 7 dibawah ini

Tabel 4. Flow Duration Curve dalam 1 tahun

Debit air	Descending Debit air	Rank (m)	P=m/(n+1) (p)	Return/Period P=1/P
24,414	66,31	1	0,015	67,31
3,781	30,59	2	0,063	15,79
11,535	24,41	3	0,118	8,47
2,700	11,53	4	0,319	3,13
66,305	11,43	5	0,402	2,49
8,164	8,16	6	0,655	1,53
5,531	5,53	7	1,072	0,93
11,426	5,26	8	1,279	0,78
3,486	4,23	9	1,720	0,58
5,255	3,78	10	2,091	0,48
30,586	3,49	11	2,452	0,41
4,232	2,70	12	3,244	0,31

Untuk mendapatkan nilai Flow Duration Curve dalam 1 tahun akan dilakukan perhitungan dengan pengolahan data. Tabel 4 merupakan hasil pengolahan data Flow Duration Curva. Pada Gambar 7 merupakan grafik Flow Duration Curva debit air dalam 1 tahun



Gambar 7. Grafik Flow Duration Curva Debit Air

5. Potensi daya air yang dibangkitkan adalah *Daya Teoritis : 94 kW, Daya Turbin : 130 kW dan Daya Generator : 116 kW*

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengolahan data yang telah diuraikan sebelumnya maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Debit air andalan yang didapat dari hasil analisa sebesar 4,93 m<sup>3</sup>/detik 5.
2. Potensi daya air yang dibangkitkan adalah *Daya Teoritis : 94 kW, Daya Turbin : 130 kW* dan *Daya Generator : 116 kW*
3. Nilai rata – rata dari Evapotranspirasi sebesar 150,88 mm.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS Kota Tanjungbalai, “Kota Tanjungbalai, Kota Tanjungbalai Dalam Angka 2018.,” in *BPS Kota Tanjungbalai*, 2019.
- [2] Bappeda Kota Tanjungbalai, “Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerh (RPJMD) Kota Tanjungbalai 2016 - 2021 (Bab II),” in *Pemko Kota Tanjungbalai*, 2016.
- [3] G. E. Mamo, M. Marence, J. C. C. Hurtado, and J. Mário, “Optimization of Run-of-River Hydropower Plant Capacity,” *Water Power Dam Constr.*, pp. 1–10, 2018.
- [4] I. I. R. Arianto, “Studi Potensi Suplesi Sungai Silau Ke Sungai Bunut Untuk Kebutuhan Irigasi Di D.I. Serbangan dan D.I. Panca Arga,” *J. Tek. USU*, 2016.
- [5] Sosrodarsono, “Hidrologi Untuk Pengairan,” in *PT. Pray. Paramita*, PT. Pray. Paramita, 2003, pp. 1–320.
- [6] D. R. Permadi, S. Marsudi, and D. Harisuseno, “Studi Kelayakan Pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Pada Pintu Air Bendung Mlirip Mojokerto,” *J. Tek. Pengair.*, pp. 1–12, 2014.
- [7] M. Mohibullah, A. M. Radzi, and M. I. A. Hakim, “Basic design aspects of micro hydro power plant and its potential development in Malaysia,” in *PECon 2004. Proceedings. National Power and Energy Conference, 2004.*, 2004, pp. 220–223, doi: 10.1109/PECON.2004.1461647.
- [8] JICA, “Manual Pembangunan PLTMH,” in *Michrohidro*, 2008, pp. 1–545.
- [9] JICA, “Panduan Untuk Pembangunan Pembangkit Listrik Mikro-Hidro.,” in *JICA*, 2003.
- [10] L. Parera, *MICROHYDRO POWER PLANT, Future energy sources*. 2018.
- [11] Arismundar and Kuwahara, “Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik,” in *PT. Pray. Paramita*, 2004, pp. 1–183.
- [12] Umurani, K., Siregar, A. M., & Al-Amin, S. (2020). Pengaruh Jumlah Sudu Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Tipe Whirlpool Terhadap Kinerja. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 3(2), 103-111.