

Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Desa Tanjung Raman Talang Air Selepah Kecamatan Pendopo Kabupaten Empat Lawang

Beni Ardo¹, Emidiana², Perawati³

Teknik Elektro, Universitas PGRI Palembang, Palembang, Indonesia

Email: bangben807@gmail.com, emidiana@univpgri-palembang.ac.id,

perawati80@univpgri-palembang.ac.id

ABSTRACT

Electricity is needed by all levels of society. Talang Air Selepah is one of the villages located in Pendopo District, Empat Lawang Regency. Talang Air Selepah is remote and in a hilly area, inhabited by about 50 families. This gutter has not been served by electricity by PLN until now. Micro hydro power plants are small-scale power plants whose capacities range from 100 W to 100 kW. This research aims to plan and later is expected to be a reference for the community in implementing the results of this research. Measurement of water discharge, obtained a discharge of $7.44 \text{ m}^3/\text{s}$ from a river width of 6 meters and an average velocity of water flow of 1.06 m/s with a planned fall height of 1 meter. With the existing discharge and fall height, based on the results of calculations carried out the power that can be produced by the PLTMH talangair selepah is 42 kW. The turbine plan that will be used in this PLTMH is a propeller turbine with an open flume type with a turbine efficiency of 0.80% with a power generated by the turbine of 58.34 kW, a generator with an output of 60 kW is needed. Freshgen brand market with an output of 50 kW with a generator efficiency of 0.80%. With careful planning so that the results of this planning can later be implemented and can provide benefits to meet the needs of electrical energy in Tanjung Raman Village, Talang Air Selepah Kacam Pendopo, Empat Lawang Regency.

Keywords: PLTMH, Power, Discharge

1. Latar Belakang

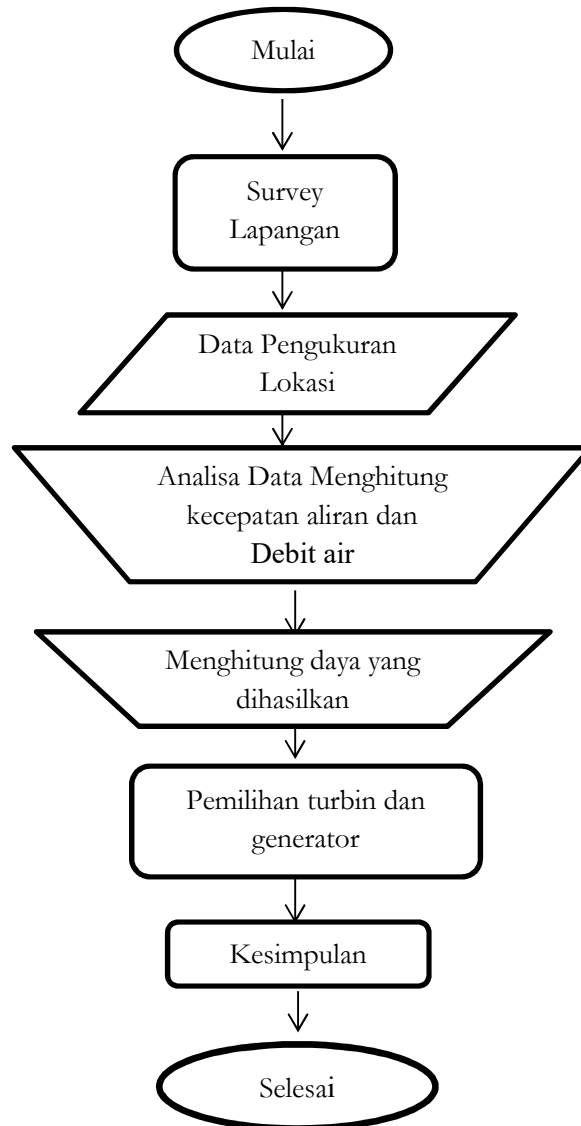
Pembangunan pembangkit listrik pada suatu daerah yang belum terjangkau jaringan listrik PLN sangat diharapkan oleh masyarakat desa, karena hal ini sangat menunjang kegiatan masyarakat desa terutama bagi kepentingan pendidikan anak-anak untuk belajar pada malam hari.

Pengembangan PLTMH selalu memanfaatkan aliran air dengan ketinggian tertentu yang kemudian digunakan untuk menghasilkan energi listrik dari turbin dan generator.

Jika semakin besar debit air yang mengalir maka kemungkinan semakin besar energi listrik yang akan dihasilkan.

Data awal yang dihasilkan dari survey yang dilakukan di Sungai Air Selepah Desa Tanjung Raman, Desa Tanjung Raman ini memiliki 60 kepala keluarga (KK), jarak dari desa ke Sungai Air Selepah $\pm 200\text{m}$, Sungai Air Selepah sendiri mempunyai lebar $\pm 10\text{m}$ dan kedalaman 3 meter, sehingga dapat dilakukan PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MICRO HIDRO (PLTMH) tersebut. Hal ini difungsikan untuk dapat memenuhi kebutuhan energi listrik yang terletak di desa Tanjung Raman yang masih belum terjangkau energi listrik dari pemerintah maupun dari PLN.

2. Metodologi Penelitian(*FlowChart*)



Gambar 1. Alur penelitian

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro.

PLTMH merupakan pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air sebagai sumber penggerak utama untuk memutar turbin dan generator. Adapun terdapat tiga kategori pembangkit tenaga listrik yaitu skala besar, mini, dan mikro. Belum ada ketentuan yang lebih jelas mengenai pembagian skala tersebut, dikarenakan setiap negara mempunyai ketentuan skala tersendiri.

Secara teknis, mikro hidro memiliki tiga komponen utama, yaitu : air, turbin dan generator. Air dengan kapasitas tertentu yang mengalir dalam saluran khusus disalurkan dengan ketinggian tertentu melalui pipa pesat menuju rumah instalasi (*power house*). Di dalam rumah instalasi, air

yang masuk melalui pipa pesat akan menabarak kincir-kincir yang ada pada turbin yang akan menghasilkan energi mekanik berupa putaran poros turbin. Putaraan poros turbin ini akan memutar generator sehingga dihasilkan energi listrik [1]

Secara umum, komponen PLTMH adalah sebagai berikut :[2]

1. Waduk, sebagai Penahan air
2. *Main gate*, yang merupakan katup pembuka
3. Bendungan, untuk menciptakan tinggi jatuh air
4. Pipa pesat (*penstock*)
5. Turbin
6. Generator
7. *Drafttube* (pipa lepas)
8. *Tailrace* (pipa pembuangan)
9. Transformator
10. *Switchyard* (*controler*)
11. Kabel dan jalur transmisi
- 12.

2.1.1. Klasifikasi PLTA

Berdasarkan kapasitas daya yang dihasilkan (*output*). Pembangkit listrik tenaga air (PLTA) dapat di klasifikasikan sebagai berikut :

1. Berdasarkan kapasitas pembangkit
 - a) PLTA *pico* dengan kapasitas < 500 w
 - b) PLTA *micro* dengan kapasitas 0.5 – 200kW
 - c) PLTA *mini* dengan kapasitas 200 – 1000 kW
 - d) PLTA kecil dengan kapasitas 1 MW – 10 MW
 - e) PLTA skala penuh dengan kapasitas diatas 10 MW

2.1.2. Pendekatan Analisis

Pendekatan analisis yang digunakan umumnya bersifat parametric, secara teoritis daya yang dapat dihasilkan oleh PLTMH dilakukan dengan pendekatan :

$$P = g \cdot \rho \cdot Q \cdot H \tag{1}$$

Dimana :

ρ : massa jenis air (kg/m^3)

g : percepatan gravitasi (m/dt^2)

Q : debit air dalam (m^3/dtk)

H : tinggi jatuh air (m)

Daya teoritis PLTMH tersebut diatas akan berkurang setelah melalui turbin dan generator, yang diformulasikan sebagai berikut :

$$P = g \cdot \rho \cdot Q \cdot H \cdot \eta_T \cdot \eta_G \tag{2}$$

Dimana :

η_T : efisiensi turbin (0,4 s/d 0,95)

η_G : efisiensi generator (0,4 s/d 0,95)

Perkiraan beban tersambung.

$$P_T = \sum_{n-1}^n n \cdot P \tag{3}$$

Dimana : n : banyaknya pelanggan

P : daya listrik pada tiap pelanggan (watt)

2.2. Sungai

Sungai adalah aliran air tawar di permukaan yang besar dan berbentuk memanjang yang mengalir secara terus-menerus dari hulu (sumber) menuju hilir (muara). Kemanfaatan terbesar dari sebuah sungai diantaranya, untuk irigasi pertanian, bahan baku air minum, sebagai saluran pembuangan air hujan dan air limbah, bahkan potensial untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga air.

2.3 Debit Air

Debit air merupakan bagian terpenting dari sebuah PLTMH. Debit air merupakan banyaknya volume air yang dapat melewati suatu saluran dalam waktu tertentu. Sebelum merencanakan suatu PLTMH, pengecekan terhadap kondisi di hulu sungai sangat penting untuk dilakukan, hal ini dikarenakan banyak masyarakat yang memanfaatkan aliran air untuk irigasi pertanian, hal ini untuk mengantisipasi ketersediaan air di lokasi PLTMH saat kemarau.

2.4 Erosi dan Sedimentasi

Kecepatan mengendap aliran digunakan untuk mencari panjang minimal bak pengendap dengan rumus :

$$L = h \frac{v}{w} \text{ dan } B = \frac{Q}{h.v} \quad (5)$$

Dimana : h : kedalaman aliran air (m)

w : kecepatan endap butiran sedimen (m/dt)

L : panjang bangunan pengendap sedimen (m)

v : kecepatan aliran air (m/dt)

Q : debit air di saluran pengendap (m^3/dtk)

B : lebar kantong lumpur (m)

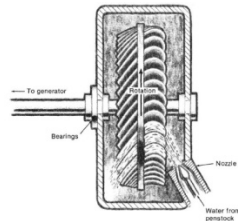
2.5 Turbin Air PLTMH

Turbin air adalah turbin yang memanfaatkan air sebagai media kerjanya, secara umum turbin merupakan alat mekanik yang terdiri dari poros dan sudu-sudu. Sudu tetap atau *stationary blade*, merupakan bagian yang diam dan tidak ikut berputar bersama poros dan berfungsi mengarahkan aliran *fluida*, sedangkan sudu putar atau *rotary blade*, mengubah arah dan kecepatan aliran *fluida* sehingga timbul gaya yang memutar poros.[3]

2.6 Jenis – jenis Turbin

2.6.1. Turbin Turgo

Turbin turgo dapat berakibat memungkinkan adanya transmisi langsung dari turbin ke generator sehingga dapat menekan biaya perawatan dan juga menaikkan *effisiensi* total.



Gambar 2. Turbin Turgo

Sumber : <https://www.rumahenergi.org/2019/10/29/tenaga-mikrohidro.html>

2.6.2. Turbin Pelton

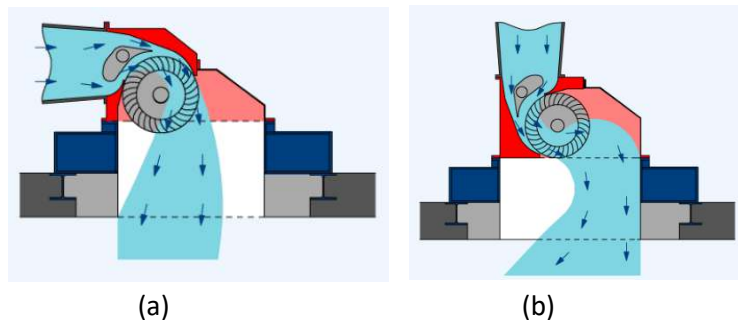
Turbin pelton digunakan untuk pembangkit skala besar yang membutuhkan *head* lebih kurang 150 meter tetapi jika untuk skala mikro *head* 20 meter sudah mencukupi.



Gambar 3. Sudu dan Nozzel Turbin Pelton.[4]

2.6.3. Turbin *Crossflow*

Turbin cross-flow merupakan turbin yang paling banyak digunakan untuk PLTMH [5]. Kerja dari roda jalan turbin *crossflow* ini sama seperti turbin pelton yaitu hanya sebagian sudut-sudut saja yang bekerja membalikan aliran air.



Gambar 4 Turbin Crossflow Inlet horizontal (a) Turbin Crossflow Inlet vertikal (b)

Sumber : <https://www.cink-hydro-energy.com/id/turbin-crossflow/>

2.6.4. Turbin *Propeller*

Turbin propeller merupakan salah satu turbin yang biasa digunakan dalam perencanaan pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) karena turbin ini memiliki desain tinggi jatuh air yang rendah.



Gambar 5. Turbin Propeller

Sumber : <http://www.hanjuang.co.id/wp-content/uploads/2010/10/POF1.gif>

2.7 Generator

Energi merupakan kemampuan untuk melakukan suatu usaha atau perubahan, energi tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan, akan tetapi energi dapat diubah bentuknya[6]

Generator listrik adalah alat yang dapat menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan energi mekanik, dengan menggunakan induksi elektromagnetik proses ini dikenal dengan pembangkitan energi listrik.

2.8 Tinggi Jatuh (*Head*)

Tinggi jatuh atau biasa disebut juga dengan *head* yaitu beda tinggi antara permukaan air terhadap lokasi turbin disebut sebagai tinggi jatuh air, yang merupakan dasar dari perhitungan untuk menentukan kapasitas turbin, semakin besar beda tinggi yang didapatkan pada lokasi maka semakin besar daya poros turbin yang dihasilkan.

2.9 Sistem Pengaturan Beban

Sistem pengaturan beban harus selalu diperhatikan terutama pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) perubahan beban akan berakibat pada generator. Jika torsi pada turbin tidak di ubah saat terjadi penambahan beban maka frekuensi dan tegangan listrik yang dihasilkan akan berubah dan dapat mengakibatkan kerusakan pada generator maupun pada beban yang terpasang.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Metode penelitian adalah langkah kerja yang akan dilakukan pada penelitian ini. Secara umum terdapat beberapa langkah-langkah yang dapat dilakukan saat penelitian berlangsung yaitu:

- a. Subjek dan Objek Penelitian :
Berdasarkan penelitian yang di lakukan di Sungai Air Selepah Desa Tanjung Raman Talang Air Selepah, pada aliran sungai Air Selepah mempunyai lebar sungai dari sisi kesisi sepanjang 6 meter, dan dinding sungai yang terjal.
- b. Tempat Penelitian
Penelitian ini dilakukan dengan observasi langsung ke aliran Sungai Air Selepah Desa Tanjung Raman Talang Air Selepah Kecamatan Pendopo Kabupaten Empat Lawang Provinsi Sumatera Selatan.

c. Waktu Pelaksanaan Penelitian.

Penelitian yang dilaksanakan ini hanya berfokus pada masalah yang akan dibahas yaitu mengenai“ perencanaan pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) di sungai air selepas desa tanjung raman talang air selepas kecamatan pendopo kabupaten empat lawang yang dilakukan secara bertahap mulai dari tahap persiapan proposal skripsi sampai dengan tahap pelaporan yang dilakukan pada bulan oktober-desember 2021.



Gambar 6. Sungai Air Selepah
Sumber : dokumentasi

3.2 Sumber Data

Sumber data ini merupakan salah satu aspek pendukung yang ditujukan untuk membantu menentukan dan mengerjakan suatu pokok permasalahan dalam suatu penelitian.

Berdasarkan tekniknya pengambilan data dibagi menjadi dua jenis yaitu data sekunder dan data primer :

Data primer adalah data yang didapatkan secara langsung melalui wawancara terhadap para informan. Data ini dapat diperoleh dengan cara bertanya langsung dengan narasumber atau melalui pengamatan secara langsung di lokasi penelitian. Adapun data yang didapat adalah:

1. Kecepatan aliran sungai.
2. Debit air
3. Lebar sungai.
4. Kedalaman sungai.
5. Kontur dinding sungai.
6. Aliran sungai jernih.

3.3. Menentukan Debit Air (Q)

Debit air sangat berpengaruh pada perencanaan PLTMH terhadap daya yang akan dihasilkan. Kegunaan debit air ini bertujuan untuk pembangkitan listrik yang akan digunakan pada tenaga air sebesar 80%. Namun angka tersebut dapat berubah tergantung tujuan perencanaan.

3.4. Pengukuran Sungai

Pengukuran ini dilakukan pada bagian sungai yang memiliki lebar rata-rata sama dan kedalaman sungai yang cukup rata, agar mendapatkan hasil yang akurat dan dapat dijadikan dasar perhitungan.

Metode pengukuran dilakukan dengan pengukuran kedalaman air sungai di beberapa titik untuk mendapatkan kedalaman rata-rata sungai, pengukuran kedalaman sungai ini menggunakan penggaris (*levelling staff*). Dari pengukuran yang dilakukan pada aliran sungai talang air sebelah didapatkan data sebagai berikut:

4. PERHITUNGAN DAN ANALISA

4.1. Hasil Pengukuran

Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan dilapangan terhadap kondisi aliran sungai air sebelah didapat data sebagai berikut :

1. Lebar aliran sungai pada titik yang akan dirancang bendungan dari pinggir ke pinggir sungai dengan jarak 6 merer.
2. Pengukuran kedalaman aliran sungai pada 5 titik yaitu :

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kedalaman

No	Kedalaman Aliran Sungai (m)
1	1,5
2	1,1
3	1,3
4	0,8
5	1,15
Rata-rata	1,17

4.2. Perhitungan hasil pengukuran

4.2.1. Pengukuran Kecepatan Aliran Sungai

Tabel 2. Kecepatan Aliran Sungai

No	Jarak (m)	Waktu tempuh (m/s)	Kecepatan Aliran Sungai (m/dtk)
1	5	4,42	1,13
2		4,57	1,09
3		4,82	1,03
4		5,60	0,89
5		4,91	1,02
6		5,54	0,90
7		4,55	1,09
8		4,46	1,12
9		3,97	1,25
10		4,89	1,02
Rata-rata	5	4,773 m/s	1,06 m/dtk

4.2.2. Perhitungan Debit Air

Debit air yang dihasilkan dari sumber aliran sungai dapat ditentukan dari hasil pengukuran yang telah dilakukan, yaitu :

1. Lebar sungai (L)
2. Kedalaman sungai (T)
3. Kecepatan aliran sungai (v)

Ketiga besaran hasil pengukuran tersebut dapat diambil dari data pendukung diatas, dengan menggunakan nilai rata-ratanya, yaitu :

Lebar sungai rata-rata (L)

L= 6 meter

Kedalaman sungai rata-rata (T)

T = 1,17 meter

Kecepatan aliran air rata-rata (V)

V = 1,06 m/s

Besar debit air (Q) dari aliran air sungai dapat ditentukan sebagai berikut :

$$Q = L.T.V$$

$$Q = (6) \times (1,17) \times (1,06) \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$Q = 7,44 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Nilai debit air (Q) = 7,44 m³/dtk tersebut merupakan debit air pada saat musim yang masih turun hujan.

4.3. Beda Tinggi Permukaan Air dengan Kedudukan Turbin

Beda tinggi antara permukaan air dengan kedudukan turbin ini disebut sebagai tinggi jatuh (*head*), yang merupakan dasar perhitungan besarnya daya yang akan dibangkitkan. Beda tinggi ini diambil dari rencana bendungan yang memiliki tinggi 4 meter. Dari rencana bendungan tersebutlah diambil tinggi jatuh efektif dengan memperhitungkan ketinggian air pada saat musim penghujan maka ketinggian (*head*) ditentukan = 1 m.

4.4. Perhitungan Daya yang Dihasilkan

Dalam suatu pembangkit listrik tenaga mikro hidro atau PLTMH, daya listrik yang dapat dihasilkan sangat ditentukan oleh besarnya debit air (Q), tinggi jatuh (H), percepatan gravitasi bumi (g), dan efisiensi total dari pembangkit energi listrik (η). Maka besarnya daya listrik yang dihasilkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$P = Q.H.g.\eta_T.\eta_G. \text{ kW} \tag{6}$$

4.5. Desain Turbin dan Generator

a. Turbin

Setelah dilaksanakan penelitian yang berdasarkan hasil desain, analisa dan perhitungan untuk PLTMH Talang air selepah ini turbin yang diusulkan untuk digunakan adalah turbin *propeller* tipe *open flume* dengan efisiensi turbin mencapai 0,80%, kecepatan poros 1500 rpm dengan kapasitas 60 kW pada kondisi maksimal.

b. Generator

Pada PLTMH Talang Air Selepah putaran poros turbin dari hasil perhitungan dan analisa debit air sebesar 7,44 m³/dtk, sedangkan putaran yang diperlukan generator untuk menghasilkan daya listrik adalah sebesar 1500 rpm. Maka generator yang

diusulkan pada perencanaan ini menggunakan generator merk *freshgen* dengan *output* 50 kW.

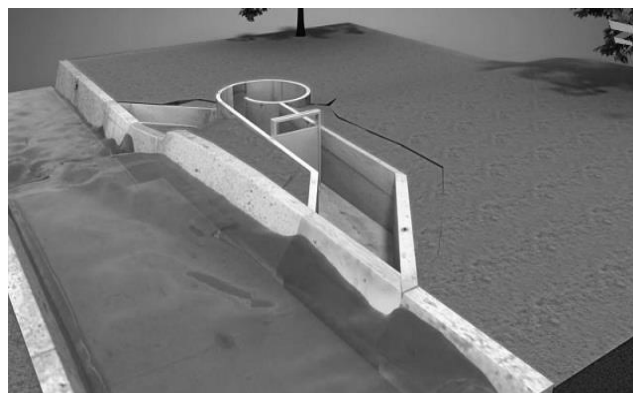
Tabel.3. Hasil Perhitungan kapasitas daya PLTMH Desa Tanjung Raman Talang Air Selepah Kabupaten Empat Lawang

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Jenis turbin	<i>Propeller</i>		-
Tipe	<i>Open flume</i>		-
Debit	Q	7,44	m ³ /dtk
<i>Head</i>	H	1	M
Kecepatan aliran sungai	V	1,06	m/s
Kecepatan turbin	N	1500	Rpm
Effisiensi turbin	η_t	0,80	Fraksi
Effisiensi transmisi mekanik	η_{tr}	0,90	Fraksi
Effisiensi generator	η_g	0,80	Fraksi
Kapasitas daya turbin	P_t	60	kW
Kapasitas daya generator	P_G	50	kW

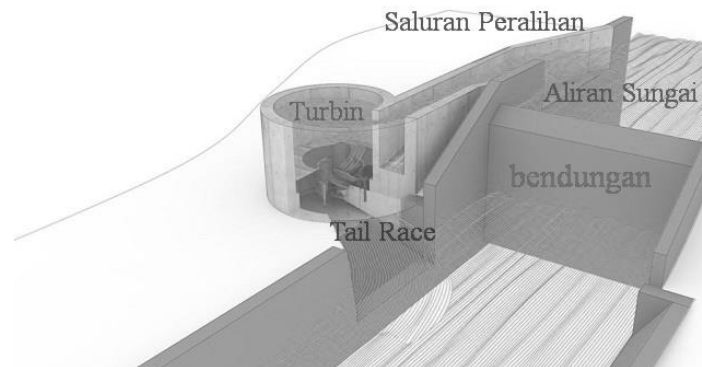
Tabel 4.,Rencana Spesifikasi Jaringan Transmisi PLTMH Desa Tanjung Raman Talang Air Selepah Kabupaten Empat Lawang

Jaringan Transmisi	
Panjang jaringan	200 meter
Tegangan	240 Volt
Jenis tiang	Besi (standar JTR PLN)
Jumlah tiang	4 batang
Jenis kabel	Alumunium
<i>Grounding</i> (pentanahan)	SPLN

4.6 Skema PLTMH



Gambar 7. Skema PLTMH



Gambar 8. Desain Bendungan Dan Turbin

4.7 Analisa

Berdasarkan survey dan pengukuran serta perhitungan yang telah dilakukan, dimana akan dilakukan perencanaan didapatkan hasil perhitungan yang dapat digunakan dalam perencanaan pembangkit listrik tenaga mikrohidro.

Besaran debit air yang didapat dari pengukuran lapangan sebesar $7,44 \text{ m}^3/\text{s}$. Debit yang dihasilkan ini didapat dengan perencanaan tinggi jatuh (head) 1 meter. Debit ini di dapat pada saat kondisi sungai kemarau yang masih turun hujan. Dari data tersebut didapat daya yang dapat dihasilkan turbin sebesar 58,34 kW.

Turbin yang digunakan pada penelitian ini yaitu turbin propeler tipe *open flame* yang dianggap sangat cocok untuk tinggi jatuh yang rendah dengan efisiensi turbin sebesar 0,80%. Dari daya yang dihasilkan oleh turbin ini dapat ditentukan generator yang cocok digunakan yaitu generator merek *fresgen* dengan kapasitas keluaran 50 kW, daya yang mampu di bangkitkan generator, dengan efisiensi generator sebesar 0,80% dan efisiensi poros turbin dan poros generator sebesar 0,90% maka daya yang mampu di hasilkan oleh generator yaitu sebesar 42 kW. Daya yang ada inilah yang nantinya akan disalurkan kepada masyarakat yang ada di talang air selepah. Rencana sistem kontrol yang digunakan adalah *electrical load controller* dimana pengoperasian dari sistem ini dianggap paling cocok untuk digunakan pada PLTMH talang air selepah, dan mudah dimengerti leh masyarakat setempat

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan yang telah dilakukan, sungai air selepah Desa Tanjung Raman Talang Air Selepah Kecamatan Pendopo Kabupaten Empat Lawang dapat disimpulkan :

1. Aliran sungai air selepah di Desa Tanjung Raman Talang Air Selepah Kecamatan Pendopo Kabupaten Empat Lawang dari hasil perhitungan dapat membangkitkan energi listrik sebesar 42 kW dalam keadaan sungai yang masih turun hujan, dengan rencana bendungan setinggi 4 meter dengan tinggi jatuh air efektif 1 meter dan debit air yang tersedia sebesar $7,44 \text{ m}^3/\text{dtk}$.
2. Pada perencanaan PLTMH di Desa Tanjung Raman Talang Air Selepah Kecamatan Pendopo Kabupaten Empat Lawang, jenis turbin yang digunakan adalah turbin *propeller type open flume*, dimana turbin ini tidak membutuhkan tinggi jatuh yang tinggi dan dinilai sangat cocok dengan karakteristik sungai air selepah.

3. Dari perhitungan yang telah dilakukan dapat ditentukan perencanaan pembangkit listrik tenaga mikro hidro dengan kapasitas daya turbin 60 kW dan generator sebesar 42 kW
4. Debit air sangat berpengaruh terhadap daya yang nantinya akan dihasilkan turbin yang mana berbanding lurus, yang artinya semakin besar debit air maka semakin besar kemungkinan daya yang dibangkitkan turbin, sebaliknya jika debit air kecil maka daya yang dihasilkan turbin relatif kecil.

5.2. Saran

Dalam melaksanakan penulisan tugas akhir ini tentunya jauh dari kata sempurna sehingga kedepannya agar perencanaan pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) ini dapat di aplikasikan sebenarnya maka penulis memberikan saran Generator dan turbin dapat menggunakan *output* yang lebih besar, dikarenakan penambahan jumlah penduduk, generator disarankan menggunakan *output* yang lebih besar agar jika terjadi penambahan kapasitas untuk PLTMH turbin dan generator tidak perlu diganti.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sukamta, and A. Kusmantoro, “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Jantur Tabalas Kalimantan Timur,” *J. Tek. Elektro Unnes*, vol. 5, no. 2, pp. 58–63, 2013.
- [2] M. D. Tobi and V. N. VAN HARLING, “Studi Perencanaan Pembangunan Pltmh Di Kampung Sasnek Distrik Sawiat Kabupaten Sorong Selatan Provinsi Papua Barat,” *Electro Luceat*, vol. 3, no. 1, p. 32, 2017, doi: 10.32531/jelekn.v3i1.63.
- [3] I. G. W. Putra, A. I. Weking, and L. Jasa, “Analisa Pengaruh Tekanan Air Terhadap Kinerja PLTMH dengan Menggunakan Turbin Archimedes Screw,” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 17, no. 3, p. 385, 2018, doi: 10.24843/mite.2018.v17i03.p13.
- [4] P. K. Koukouvinis, J. S. Anagnostopoulos, and D. E. Papantonis, “SPH method used for flow predictions at a Turgo impulse turbine: Comparison with fluent,” *World Acad. Sci. Eng. Technol.*, vol. 79, no. August 2015, pp. 659–666, 2011.
- [5] M. Mafruddin and D. Irawan, “Pengaruh Diameter Dan Jumlah Sudu Runner Terhadap Kinerja Turbin Cross-Flow,” *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 223–229, 2018, doi: 10.24127/trb.v7i2.766.
- [6] V. Dwiyanto, D. I. Kusumastuti, and S. Tugiono, “Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH),” *J. Rekayasa Sipil dan Desain*, vol. 4, no. 3, pp. 407–422, 2016, [Online]. Available: <https://www.neliti.com/id/publications/127987/analisis-pembangkit-listrik-tenaga-mikro-hidro-pltmh-studi-kasus-sungai-air-anak>