

LAPORAN TUGAS AKHIR
STUDI POTENSI DAN PERENCANAAN PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO DI BENDUNG SIMBANG
KECAMATAN DORO KABUPATEN PEKALONGAN

Laporan ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh
gelar S1 pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi
Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang



Di susun oleh :

M. FANIS ABDILLAH

NIM : 30601800023

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG

2022

FINAL PROJECT

**STUDY OF POTENTIAL AND PLANNING OF MICROHYDRO
POWER PLANT AT SIMBANG WEIR DORO DISTRICT
PEKALONGAN REGENCY**

*Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree
(S1) at Department of Electrical Engineering
Faculty of Industrial Technology Universitas Islam Sultan Agung*



Written By

M. FANIS ABDILLAH

NIM : 30601800023

**DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECNOLOGY
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2022

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “STUDI POTENSI DAN PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO DI BENDUNG SIMBANG KECAMATAN DORO KABUPATEN PEKALONGAN” ini telah dipertahankan di depan Penguji sidang Tugas Akhir pada:

Hari : Senin

Tanggal : 4 April 2022

Tim Penguji

Tanda Tangan

Ir. H. Sukarno Budi Utomo, MT.

NIDN : 0619076401

Ketua

Ir. Agus Adhi Nugroho, MT.

NIDN : 0628086501

Penguji I

Muhammad Khosy'in, S.T. M.T.

NIDN : 0625077901

Penguji II

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan "STUDI POTENSI DAN PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO DI BENDUNG SIMBANG KECAMATAN DORO KABUPATEN PEKALONGAN" ini disusun oleh :

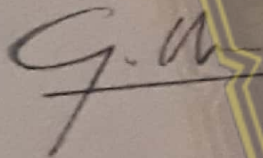
Nama : M. FANIS ABDILLAH
NIM : 30601800023
Program Studi : Teknik Elektro

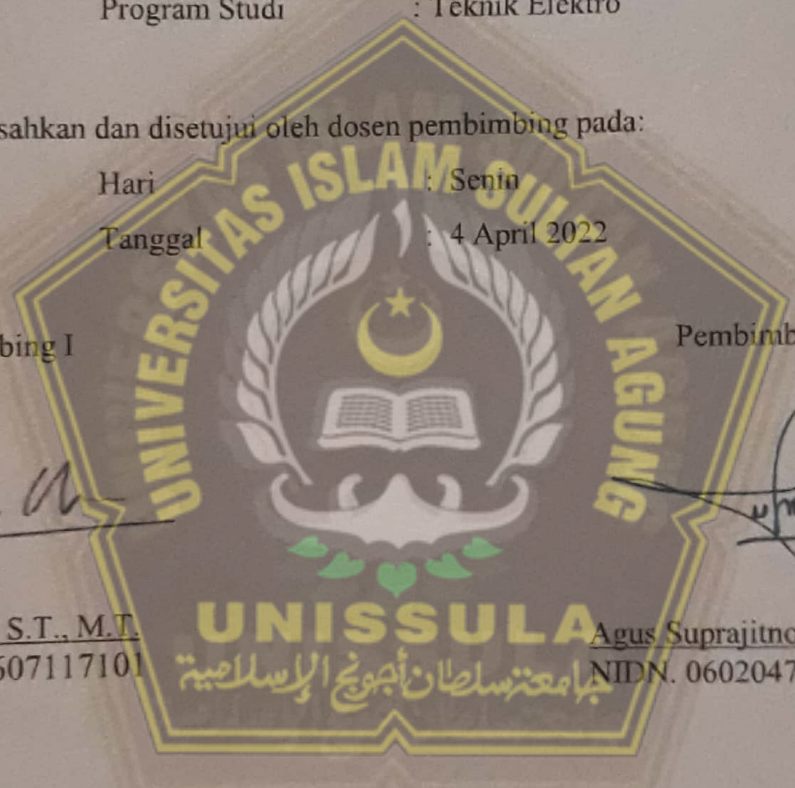
Telah disahkan dan disetujui oleh dosen pembimbing pada:

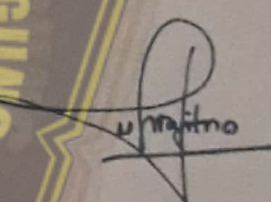
Hari : Senin
Tanggal : 4 April 2022

Pembimbing I

Pembimbing II


Gunawan, S.T., M.T.
NIDN. 0607117101


UNISSULA
جامعة سلطان أبجوج الإسلامية


Agus Suprajitno, S.T., M.T.
NIDN. 0602047301

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik



TEKNIK ELEKTRO
Jenny Putri Hapsari, S.T., M.T.
NIK. 0607018501

NIK. 0607018501

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : M. Fanis Abdillah
NIM : 30601800023
Judul Tugas Akhir : STUDI POTENSI DAN PERENCANAAN
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO DI BENDUNG
SIMBANG KECAMATAN DORO KABUPATEN PEKALONGAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa judul dan isi Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Elektro tersebut adalah asli dan belum pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan oleh siapapun baik keseluruhan maupun sebagian, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka, dan apabila dikemudian hari ternyata terbukti bahwa judul Tugas Akhir tersebut pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.



Semarang, April 2022

Yang Menyatakan



M. Fanis Abdillah

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : M. Fanis Abdillah

NIM : 30601800023

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir dengan
Judul :

**STUDI POTENSI DAN PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA MIKRO HIDRO DI BENDUNG SIMBANG KECAMATAN
DORO KABUPATEN PEKALONGAN**

Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta
memberikan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif untuk disimpan,
dialihmediakan, dikelola dalam pangkalan data dan publikasikan di internet
dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap mencantumkan nama
penulis sebagai pemilik hak cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-
sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/
Plagiatisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang
timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Universitas
Islam Sultan Agung.

Semarang, April 2022

Yang Menyatakan



PERSEMBAHAN :

Pertama,

Tugas Akhir ini akan saya persembahkan kepada kedua orang tua saya yang saya cintai Bapak Sultani dan Ibu Tri Handayani yang sudah membesarkan saya, memberikan dukungan dan menjadi motivasi hidup saya dalam menyelesaikan studi saya hingga saat ini. Dan juga kepada Kakak saya yang telah menyemangati dan mendoakan saya, merupakan penunjang untuk dapat menyelesaikan perkuliahan.

Kedua,

Untuk Dosen pembimbing dan seluruh Dosen Teknik Elektro yang selalu memberikan ilmu, saran dan pengarahannya.

Ketiga,

Untuk teman seperjuangan tugas akhir dan tidak lupa seluruh teman Teknik Elektro angkatan 2018 yang saling memberikan dukungan.

MOTTO

Jadikanlah sabar dan sholat sebagai penolongmu, dan sesungguhnya yang demikian itu sungguh berat, kecuali bagi orang-orang yang khusyu.

-QS. Al-Baqarah : 45-

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan yang lain).

-QS. Al-Insyirah : 6-7-

Hidup yang tidak terpuji adalah hidup yang tidak layak untuk dihidupi. Tandammanusia masih hidup adalah ketika ia mengalami ujian, kegagalan dan penderitaan.

-Socrates-

Jangan kalah pada rasa takutmu.

Hanya ada satu hal yang membuat mimpi tak mungkin diraih :Perasaan takut gagal.

-Paulo Ceolho,"The Alkemis"-

Atasilah satu kesulitan anda, maka anda akan terhindar dari ribuan kesulitan yang lain.

-Pribasan Cina-

Tidak ada sesuatu yang mustahil untuk dikerjakan,hanya tidak ada sesuatu yang mudah.

-Napoleon Bonaperte-

KATAPENGANTAR

Segala puji dan syukur ke hadirat Tuhan yang Maha Pengasih atas segala limpahan kasih, karunia, dan kehendak-Nya sehingga Tugas Akhir Skripsi dengan judul studi potensi dan perencanaan pembangkit listrik tenaga mikro hidro di Bendung Simbang Kecamatan Doro Kabupaten Pekalongan, dapat diselesaikan dengan baik. Selesaiannya Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan do`a dari berbagai pihak yang telah membantu dalam pembuatan karya ini, ucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Ibu Dr. Hj. Novi Marlyana, ST, MT Selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang
2. Ibu Jenny Putri Hapsari, ST, MT Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung Semarang
3. Bapak Gunawan, ST, MT Selaku Dosen Pembimbing pertama yang telah meluangkan waktu selama proses bimbingan
4. Bapak Agus Suprajitno, ST, MT Selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah meluangkan waktu selama proses bimbingan
5. Bapak Muhammad Khosyi'in, ST, MT Selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung
6. Seluruh dosen pengajar di jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang
7. Ibu dan Ayah tercinta yang telah banyak berkorban demi keberhasilan dalam proses penyelesaian Tugas Akhir
8. Seluruh keluarga tersayang yang telah senantiasa mendoakan dan memberikan semangat dalam penyelesaian Tugas Akhir
9. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesainya pembuatan tugas akhir maupun dalam penyusunan tugas akhir yang tidak dapat disebutkan satu persatu

Dalam pembuatan Laporan Tugas Akhir ini walaupun telah berusaha semaksimal mungkin, tentunya masih banyak kekurangan dan keterbatasan yang

dimiliki, oleh karena itu diharapkan saran dan kritik untuk membangun kesempurnaan karya ini, semoga karya ini bermanfaat

Pekalongan, April 2022

Penulis



DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH	v
PERSEMBAHAN	vi
MOTTO	vii
KATAPENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Landasan Teori	6
2.2.1 PLTA.....	6
2.2.2 PLTMH.....	6
2.2.3 Pengukuran Debit Air	10
2.2.4 Pengukuran Headnet	11
2.2.5 Penentuan jenis turbin yang digunakan	11
2.2.6 Perhitungan potensi daya	14

2.2.7	<i>Perancangan PLTMH</i>	14
BAB III METODE PENELITIAN		20
3.1	Objek Penelitian	20
3.2	Model PLTMH	20
3.3	Prosedur Penelitian	21
3.3.1	<i>Pengukuran Debit</i>	21
3.3.2	<i>Pengukuran Headnet</i>	22
3.3.3	<i>Penentuan jenis turbin yang digunakan</i>	23
3.3.4	<i>Perhitungan potensi daya</i>	23
3.4	Alat dan Bahan serta software	24
3.4.1	<i>Pengukuran Debit</i>	24
3.4.2	<i>Pengukuran ketinggian</i>	24
3.5	Flowchart	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		27
4.1	Pengukuran Debit Air	27
4.1.1	<i>Tempat Pertama</i>	27
4.1.2	<i>Tempat Kedua</i>	29
4.2	Pengukuran Headnet	34
4.3	Penentuan jenis Turbin	36
4.4	Perhitungan potensi daya	36
4.5	Perencanaan PLTMH	38
4.5.1	<i>Penentuan Lokasi</i>	38
4.5.2	<i>Dam dan Bak Pengendap</i>	39
4.5.3	<i>Saluran Pembawa</i>	40
4.5.4	<i>Bak penenang dan Saluran Pembuang</i>	41
4.5.5	<i>Pipa pesat</i>	43
4.5.6	<i>Generator dan Turbin</i>	49
4.5.7	<i>Power House</i>	50
BAB V PENUTUP		53
DAFTAR PUSTAKA		54
LAMPIRAN		56

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil pengukuran tempat pertama	29
Tabel 4.2 Hasil pengukuran tempat kedua	30
Tabel 4.3 Debit harian Bendung Tapak Menjangan	32
Tabel 4.4 Output Generator berdasarkan debit perbulan.....	37



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Intake atau Dam.....	7
Gambar 2.2 Setting Basin.....	7
Gambar 2.3 Saluran Pembawa.....	8
Gambar 2.4 Forebay	8
Gambar 2.5 Pipa pesat	9
Gambar 2.6 Turbin	9
Gambar 2.7 Generator	10
Gambar 2.8 Ilustrasi Pengukuran Head.....	11
Gambar 2.9 Chart penentuan jenis turbin.....	11
Gambar 2.10 Turbin Crossflow.....	12
Gambar 2.11 Turbin Propeller.....	12
Gambar 2.12 Turbin Turgo.....	13
Gambar 2.13 Bagian-bagian PLTMH.....	14
Gambar 2.14 Pengaman beban lebih dan hubung singkat.....	17
Gambar 2.15 Kontakor Magnetik.....	18
Gambar 2.16 Panel Kontrol.....	18
Gambar 2.17 Beban Ballast.....	19
Gambar 3.1 Lokasi Bendung Simbang.....	20
Gambar 3.2 Model PLTMH.....	20
Gambar 3.3 Ilustrasi Pengukuran debit air.....	21
Gambar 3.4 Pengukuran Ketinggian	22
Gambar 3.5 Chart Penentuan jenis turbin.....	23
Gambar 3.6 Flowchart	25
Gambar 4.1 Tempat pengukuran debit 1	27
Gambar 4.2 Ilustrasi Keadaan sungai 1	28
Gambar 4.3 Tempat pengukuran debit 2	29
Gambar 4.4 Ilustrasi keadaan sungai 2.....	30
Gambar 4.5 Jarak 2 bendung	31
Gambar 4.6 Alur Sungai Welo	31

Gambar 4.7 Debit Andalan.....	33
Gambar 4.8 Titik Pengukuran Head	34
Gambar 4.9 Ketinggian titik awal.....	34
Gambar 4.10 Ketinggian titik akhir	35
Gambar 4.11 Turbin Crossflow	36
Gambar 4.12 Lokasi PLTMH.....	38
Gambar 4.13 Letak Dam atau Intake.....	39
Gambar 4.14 Desain dam dan bak pengendap	39
Gambar 4.15 Letak Saluran Pembawa	40
Gambar 4.16 Desain saluran pembawa	41
Gambar 4.17 Letak bak penenang	41
Gambar 4.18 Desain bak penenang	42
Gambar 4.19 Letak pipa pesat	43
Gambar 4.20 Jalur pipa pesat	43
Gambar 4.21 Jalur pipa pesat bagian 1.....	44
Gambar 4.22 Jalur pipa pesat bagian 1.....	44
Gambar 4.23 Jalur pipa pesat bagian 2.....	45
Gambar 4.24 Jalur pipa pesat bagian 2.....	45
Gambar 4.25 Jalur pipa pesat bagian 3.....	46
Gambar 4.26 Jalur pipa pesat bagian 3.....	46
Gambar 4.27 Desain dari pipa pesat.....	48
Gambar 4.28 Diagram 1 bidang perencanaan	48
Gambar 4.29 Letak power house	49
Gambar 4.30 Power House.....	50
Gambar 4.31 Panel Kontrol	50

ABSTRAK

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat dan pembangkit dengan kapasitas besar di Indonesia didominasi PLTU yang menggunakan energi tidak terbarukan yang menimbulkan beberapa masalah di antaranya polusi udara dan panas yang semakin lama akan berdampak buruk bagi bumi, hal ini semakin menuntut manusia untuk menemukan potensi energi yang terbarukan salah satunya adalah energi air yang berada di Bendung Simbang.

Metode yang digunakan pada pengukuran debit air ialah metode apung serta software yang digunakan untuk mengukur ketinggian ialah Google Earth. Kemudian hasil dari pengukuran tersebut digunakan untuk menentukan turbin, menghitung potensi daya terbangkitkan serta merencanakan PLTMH.

Hasil dari penelitian ini ialah debit air sebesar $3,67 \text{ m}^3/\text{s}$ yang nilainya tidak jauh berbeda dengan data pada Bendung Tapak Menjangan. Dan untuk keperluan perencanaan digunakan debit andalan yang nilainya $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Dan hasil pengukuran ketinggian 11 meter serta menggunakan turbin crossflow dan potensi daya terbangkitkan sebesar 114,49 kW. Perencanaan pembangkit yang dihasilkan ialah ukuran pintu masuk air memiliki tinggi 1 meter dan lebar 1,01 meter, untuk setting basin mempunyai volume 36 m^3 dengan panjang 8 meter lebar 3 meter dan kedalaman 1,5 meter. Headrace memiliki lebar 0,8 meter dan kedalaman 1,5 meter. Forebay memiliki volume 27 m^3 dengan panjang 7 meter lebar 2 meter dan kedalaman 1,93 meter. Penstock sepanjang 143,14 meter dengan diameter 1,1 meter. Dengan kapasitas generator sebesar 187,5 kVA.

Kata kunci : PLTMH, debit air, daya potensial.



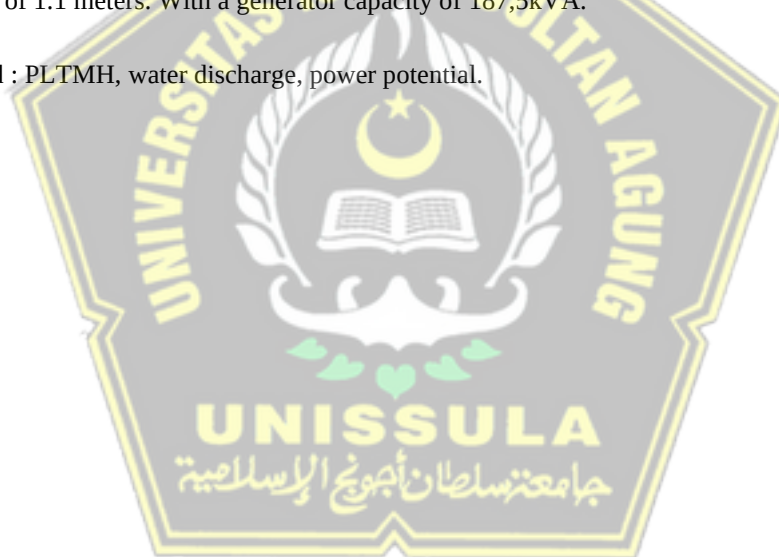
ABSTRACT

The need for electrical energy continues to increase and power plants with large capacities in Indonesia are dominated by steam power plants that use non-renewable energy which causes several problems including air pollution and heat which will have a negative impact on the earth, this increasingly requires humans to find renewable energy potential. one of which is the energy of water in the Simbang weir.

The method used in measuring water discharge is the floating method and the software used to measure altitude is Google Earth. Then the results of these measurements are used to determine the turbine, calculate the potential power generated and plan the MHP.

The result of this research is the water discharge of 3.67 m³/s which is not much different from the data on the Tapak Menjangan Weir. And for planning purposes, a reliable discharge is used whose value is 1.5 m³/s. And the results of measuring the height of 11 meters and using a crossflow turbine and the potential generated power of 114.49 kW. The resulting generator plan is the size of the water inlet which has a height of 1 meter and a width of 1.01 meters, for setting the basin has a volume of 36 m³ with a length of 8 meters, a width of 3 meters and a depth of 1.5 meters. Headrace is 0.8 meter wide and 1.5 meters deep. Forebay has a volume of 27 m³ with a length of 7 meters, a width of 2 meters and a depth of 1.93 meters. Penstock is 143.14 meters long with a diameter of 1.1 meters. With a generator capacity of 187,5kVA.

Keyword : PLTMH, water discharge, power potential.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada zaman saat ini kebutuhan akan listrik menjadi sangat besar dan terus meningkat. Berbagai kegiatan masyarakat terus berkembang dan membutuhkan energi listrik sebagai pendukungnya. Di mana pada pulau Jawa hingga Bali konsumsi energi listrik meningkat setiap tahunnya sebesar 6,4 % dari tahun 2017 hingga 2036 sehingga kebutuhan pembangkit yang harus dipenuhi pada tahun 2036 adalah sebesar 83,932 GW [2]. Sedangkan kondisi pembangkit di Indonesia yang juga terus meningkat, pada tahun 2003 sebesar 122 TWh dan akan mencapai 1318 TWh pada tahun 2030 dimana sekitar 75% pembangkitnya ialah PLTU Batubara [3]. Selain itu masalah lain yang timbul karena penggunaan batu bara sebagai energi primer menghasilkan emisi gas rumah kaca (CO_2) yang berpotensi menaikkan laju pemanasan global [4].

Oleh karena itu untuk menghindari dampak negatif dari penggunaan energi seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam manusia harus mencari alternatif energi lain diantaranya energi baru terbarukan seperti panas matahari, angin, serta air baik itu sungai maupun laut. Potensi dari energi-energi tersebut harus terus digali seperti potensi energi air di Indonesia menurut kementerian ESDM Indonesia memiliki potensi energi hidro sebesar 75.000 MW (Kajian PLN bersama Nipon Koei tahun 1983). Kajian ini meningkatkan kualitas data potensi hidro sehingga potensi semula 75.000 MW di 1.249 lokasi di screening menjadi 12.894 MW di 89 lokasi. Hasil kajian ini kemudian untuk dimasukkan ke dalam rencana pengembangan pembangkit listrik hingga tahun 2027 [5].

Selain potensi-potensi yang dikemukakan diatas perlu juga digali potensi-potensi lain seperti pada sungai, bendung maupun bendungan salah satunya ialah Bendung Simbang yang berada pada Sungai Welo di perbatasan wilayah Desa Langkap dan Desa Kalimojosari, Kecamatan Doro, Kabupaten Pekalongan yang teramati debit sungainya layak dimanfaatkan sebagai PLTMH dan ketinggian atau head yang di terdapat di Bendung Simbang cukup tinggi sehingga dapat

menjadi potensi air yang menjanjikan dan perlu diteliti lebih lanjut.

Bendung simbang sendiri merupakan bendung tetap dengan pasangan konstruksi batu kali mempunyai bentang total ± 30 meter, yang terdiri dari mercu sebelah kanan dengan panjang = 10 meter, 2 (dua) pilar, dan 1 (satu) pintu penguras bendung. Bendung Simbang yang mengambil air dari Sungai Welo mengalir areal sawah seluas 602 ha dengan pola tanam : Padi – Palawija, Bendung Simbang sendiri merupakan tempat wisata yang bisa dikunjungi secara umum yang menawarkan arum jeram, bendung simbang dilengkapi dengan 3 pintu air di bagian samping kanan yang di gunakan sebagai irigasi ke arah sawah dan 1 pintu air keluar pada bagian bawah jembatan penyebrangan. Bendung Simbang terdapat 2 tingkat, yaitu pada sisi bendung itu sendiri dan pada bagian bawah yang terdapat jembatan, tinggimasing-masing tingkatnya kurang lebih ialah 3 meter pada tingkat pertama dan 6 meter pada tingkat kedua. Kondisi di sekitar bendung tersebut merupakan sebuah persawahan dan juga bekas galian c pada sisi atas bendung.

Pemanfaatan energi air di Bendung Simbang belum dapat dimanfaatkan secara maksimal. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini membahas tentang “studi potensi dan perencanaan pembangkit listrik tenaga mikro hidro di Bendung Simbang Kecamatan Doro Kabupaten Pekalongan”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di uraikan di atas, maka dapat di ambil rumusan masalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana potensi debit air di Sungai Welo sebagai pembangkit listrik tenaga mikro hidro?
- b. Bagaimana potensi head pada Bendung Simbang sebagai pembangkit listrik tenaga mikro hidro?
- c. Bagaimana perkiraan besar kapasitas produksi listrik yang dihasilkan pada Bendung Simbang sebagai PLTMH?

1.3 Batasan Masalah

Penulis membatasi batasan masalahnya sebagai berikut :pP

- a. Penelitian dilakukan untuk mengukur besarnya debit air dengan menggunakan metode apung pada bendung yang kemudian bisa digunakan untuk memperkirakan besar daya yang dihasilkan.
- b. Penelitian menentukan jenis turbin serta perencanaan PLTMH tidak dengan cara penyaluran listriknya.
- c. Penelitian ini memperkirakan berapa banyak rumah yang bisa terjangkau dari daya yang dihasilkan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari laporan tugas akhir ini adalah :

- a. Mengetahui potensi energi potensial pada aliran air sungai Welo yang dapat dihasilkan dengan memperkirakan debit air rata rata.
- b. Merencanakan potensi headnet sesuai karakter bendung simbang sebagai potensi yang bisa dimanfaatkan untuk perencanaan PLTMH.
- c. Perencanaan PLTMH meliputi prakiraan daya terbangkit output dari generator PLTMH metode perhitungan debit air menggunakan asumsi musim basah dan kering.
- d. Menentukan jenis turbin yang digunakan berdasarkan hasil dari pengukuran debit air dan pengukuran ketinggian

1.5 Manfaat

Adapun manfaat penelitian dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui potensi bendung simbang sebagai PLTMH.
- b. Mengetahui berapa besar daya yang bisa dibangkitkan.
- c. Mengetahui bagaimana cara merencanakan suatu PLTMH.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulis membuat sistematika penulisan untuk mempermudah penyusunan tugas akhir di antaranya sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab I menjelaskan latar belakang dari judul yang di angkat, dan perumusan masalah apa saja yang akan di selesaikan dan batasan masalah yang bertujuan untuk memfokuskan penelitian yang dikerjakan serta berisi tujuan yang memuat apa saja yang akan dilakukan untuk menyelesaikan masalah yang ada. Serta berisi manfaat penelitian dan juga sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Pada bab ini akan terdapat penelitian yang sudah pernah dilakukan dengan tema dan cara yang sama serta berisi landasan teori yang mendasari penyelesaian tugas akhir ini. Pada landasan teori terdapat penjelasan mengenai PLTA, PLTMH, Pengukuran debit air, pengukuran head, penentuan jenis turbin, perhitungan potensi daya hingga perencanaan PLTMH.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan menjelaskan tentang metode apung pada pengukuran debit air, dan cara pengukuran headnet, yang kemudian di gunakan dalam penyelesaian masalah baik itu cara pengukuran dan cara analisa. Pada bab ini juga terdapat keterangan data yang digunakan berserta cara atau scenariopenelitian hingga flowchart.

BAB IV HASIL DAN ANALISA

Pada bab ini membahas tentang hasil penelitian yang dilakukan di antaranya ialah hasil pengukuran debit, hasil pengukuran ketinggian, hasil perhitungan potensi daya serta perencanaan PLTMH.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari penelitian yang dilakukan serta berisi saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Beberapa penelitian tentang studi potensi dan perencanaan PLTMH telah dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu, antara lain:

1. Studi potensi daya listrik bendungan Gerak Bojonegoro untuk pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) [6]. Dimulai dengan survei lokasi kemudian menentukan perencanaan PLTMH, dilanjutkan dengan pengukuran debit air, pengukuran tinggi headnet, penentuan jenis turbin air berdasarkan debit dan headnet, perhitungan potensi daya. Yang kemudian menghasilkan debit sebesar 247 m³/s tinggi headnet 2 meter dan dapat menggunakan turbin crossflow maupun kaplan dan menghasilkan potensi daya sebesar 3693 MW.
2. Studi perencanaan pembangunan PLTMH di Kampung Sasnek Distrik Sawiat Kabupaten Sorong Selatan Provinsi Papua Barat [7]. Diawali perhitungan potensi daya, kemudian pengukuran debit air, pengukuran tinggi headnet, perhitungan potensi hidrolik, kemudian desain fasilitas penunjang PLTMH seperti bendung, saluran penyadap, saluran pembawa, bak penenang, penstock, dan juga power house yang berisi turbin dan generator. Pada penelitian ini juga disertakan desain peralatan mekanik elektrik seperti rencana turbin, generator dan sistem kontrol serta pengamanan, dan hasil yang di dapatkan ialah debit air sebesar 0,65m³/d dan potensi daya terbangkit 10kW.
3. Studi potensi dan perencanaan sistem pembangkit listrik tenaga mikro hidro di Sungai Guci Kabupaten Tegal [8]. Diawali pengukuran debit, pengukuran potensi headnet, perhitungan potensi daya, dilanjutkan dengan perencanaan sistem di antaranya ialah bendungan saluran pembawa, penenang, pipa pesat, pemilihan turbin, perhitungan dimensi turbin dan hasil yang di dapatkan ialah debit air sebesar 1,005m³/d ketinggian 9,6 meter curah hujan rata-rata per bulan 660mm/bulan dan potensi daya terbangkit sebesar 56,7kW.

2.2 Landasan Teori

Pada penelitian tugas akhir ini teori yang akan digunakan adalah sebagaiberikut :

2.2.1 PLTA

PLTA ialah pembangkit listrik tenaga air yang memanfaatkan air sebagai energi untuk menggerakkan turbin PLTA terdiri dari beberapa jenis berdasarkanenergi listrik yang dihasilkan :

- a. Piko hidro : pembangkit dengan kapasitas yang sangat kecil dan hanya menghasilkan listrik di bawah 5 kW biasanya hanya digunakan untuk keperluan rumah tangga.
- b. Mikro hidro : pembangkit dengan kapasitas kecil dan menghasilkan listrik 4 sampai dengan 100kW dan biasanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan skala desa
- c. Mini hidro : pembangkit dengan ukuran sedang dan menghasilkan listrik 100kW sampai dengan 5 MW, dan biasanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik untuk beberapa desa dan dapat di sambungkan ke jaringan listrik skala besar.
- d. *Full scale hydropower plant* : pembangkit dengan skala besar yang menghasilkan listrik di atas 5 MW dan terkoneksi dengan langsung dengan sistem transmisi [9].

2.2.2 PLTMH

Pembangkit dengan kapasitas kecil dan menghasilkan listrik 4 sampai dengan 100kW dan biasanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan skala desa.PLTMH sendiri karena memanfaatkan energi air dari sungai bukan dari bendungan yang besar maka perlu penyesuaian tersendiri, bagian-bagian dari PLTMH ialah

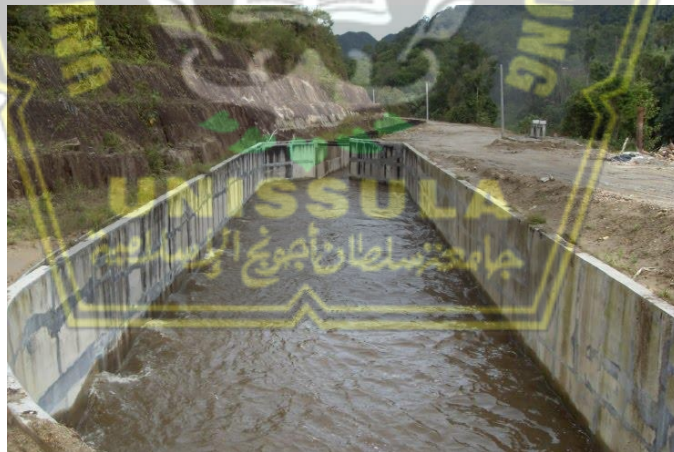
- a. Dam/bendungan pengalihan dan *intake*. Dam pengalih berfungsi untuk mengalihkan air melalui sebuah pembuka di bagian sisi sungai ke dalam

sebuah bak pengendap. Contoh dam atau intake seperti gambar 2.1.



Gambar 2.1 Intake atau Dam

- b. *Setting basin* atau bak pengendap yang di gunakan untuk penyaringan air dari sampah. *Setting basin* memiliki bentuk yang lebih lebar dari pada saluran masuknya yang mempunyai tujuan untuk mengendapkan sedimen yang terbawa air. Contoh *Setting basin* seperti gambar 2.2.



Gambar 2.2 Setting basin

(Sumber: ridomanik.blogspot.com)

- c. Saluran pembawa. Saluran pembawa mengikuti kontur dari sisi bukit untuk menjaga elevasi dari air yang disalurkan. Air yang telah di endapkan di *setting basin* kemudian masuk melalui saluran pembawa yang kemudian disalurkan ke *forebay*. Bentuk dari saluran pembawa

sendiri lebih kecil dari bentuk *setting basin*. Contoh saluran pembawa seperti gambar 2.3.



Gambar 2.3 Saluran Pembawa
(Sumber: shalahuddin-hasan.blogspot.com)

- d. Bak pengendap (*forebay*). Bak pengendap digunakan untuk menyaring kembali partikel-partikel pasir dari air yang tidak terendapkan sebelumnya. Fungsi dari bak pengendap adalah sangat penting untuk melindungi komponen-komponen berikutnya dari dampak pasir. Contoh *forebay* sepertigambar 2.4



Gambar 2.4 Forebay
(Sumber: trustenergy.hyperphp.com)

- e. Pipa pesat (*penstock*). *Penstock* dihubungkan pada sebuah elevasi yang lebih rendah ke sebuah roda air, dikenal sebagai sebuah turbin. Beberapa

bahan yang digunakan untuk membuat pipa pesat ialah

- Pipa *Carbon* (Baja)
- Pipa *Spiral welded steel* (pipa baja spiral)
- Pipa PVC (Poly Vinyl Chloride)
- Pipa *rolled welded steel*.

Untuk contoh bentuk pipa pesat seperti gambar 2.5.



Gambar 2.5 Pipa pesat

(Sumber: trustenergy.hyperphp.com)

- f. Turbin. Turbin berfungsi mengkonversi energi potensial dan energi kinetik dari air menjadi energi mekanik, penentuan jenis turbin sendiri bisa didasarkan pada tinggi *head* dan besarnya debit air pada sungai. contoh bentuk turbin seperti gambar 2.6.



Gambar 2.6 Turbin

- g. Generator. Generator berfungsi mengkonversi energi mekanik menjadi

energi listrik. Dimana pemilihan generator disesuaikan dengan daya yang dihasilkan turbin atau sumber daya air yang digunakan. Contoh bentuk generator seperti gambar 2.7.



Gambar 2.7 Generator

2.2.3 Pengukuran Debit Air

Mengukur debit air dapat dilakukan dengan cara metode apung, untuk menghitung debit diperlukan Kecepatan air yang mengalir (V), luas penampangair (A) dengan persamaan (2.1) dan (2.2) [6]:

$$A = l \times h \quad (2.1)$$

$$V = s/t \quad (2.2)$$

Sedangkan untuk menghitung debit air dengan persamaan (2.3) :

$$Q = A \times V \quad (2.3)$$

Dengan : A = luas penampang (m^2)

V = kecepatan air (m/s)

l = lebar aliran air (m)

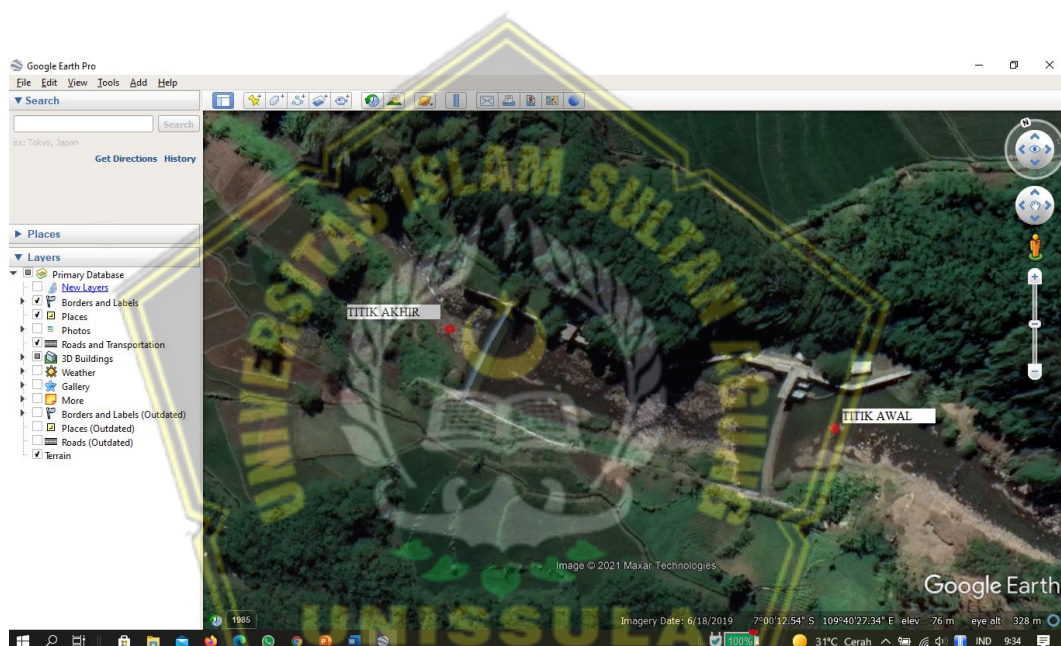
h = kedalaman air (m)

s = jarak botol dialirkan (m)

t = waktu

2.2.4 Pengukuran Headnet

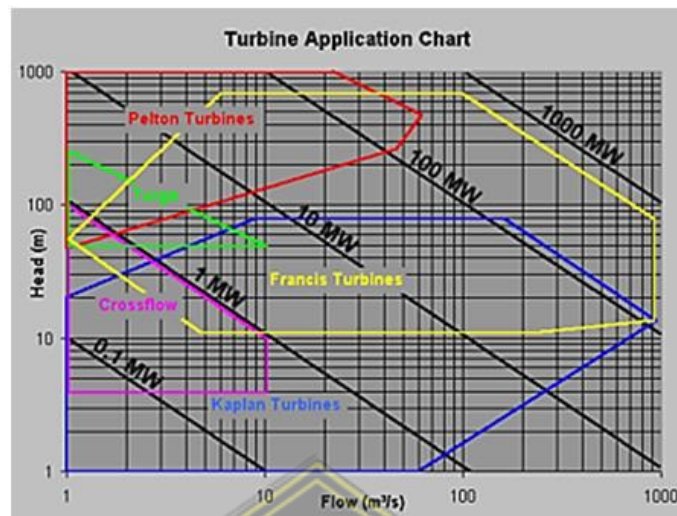
Untuk Pengukuran *Headnet* atau ketinggian dapat dilakukan menggunakan Google Earth atau bisa juga dilakukan secara manual dengan menggunakan meteran dari bendung yang ada. Untuk pengukuran dengan menggunakan google earth ialah dengan cara membandingkan ketinggian titik awal dengan titik akhir di mana tempat tersebut yang nantinya akan dijadikan jalur PLTMH seperti pada gambar ilustrasi 2.8 [6].



Gambar 2.8 Ilustrasi pengukuran head

2.2.5 Penentuan jenis turbin yang digunakan

Penentuan jenis turbin yang di gunakan ialah berdasarkan hasil debit air dan ketinggian atau headnet yang nantinya terukur dan dapat di jadikan acuan pemilihan jenis turbin, Seperti yang di tunjukkan pada gambar 2.9.

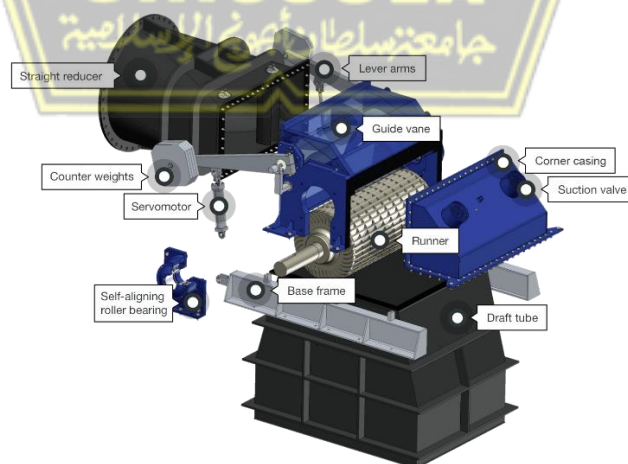


Gambar 2.9 Chart penentuan jenis turbin [6]

Turbin yang biasanya di pakai pada PLTMH ialah sebagai berikut :

a. Turbin Crossflow

Terdiri dari 4 bagian utama di antaranya ialah nosel, runner, guide vane, dan rumah. Di bandingkan turbin yang lainnya crossflow memiliki desain yang lebih sederhana, serta instalasi dan perawatannya yang mudah dan investasi dan biaya perawatan yang rendah. Dapat digunakan untuk head 3 sampai dengan 50 meter [11]. Bentuk turbin Crossflow ialah seperti gambar 2.10



Gambar 2.10 Turbin crossflow

(Sumber: www.pngwing.com)

b. Turbin Propeler

Turbin ini memiliki runner yang terdiri dari beberapa bilah tetap seperti baling-baling kapal. Turbin ini dapat digunakan pada *head* yang rendah yaitu 1 hingga 6 meter [11]. Bentuk turbin Propeler seperti gambar 2.11



Gambar 2.11 Turbin Propeler

(Sumber: www.hs-dynamics.com)

a. Turbin Turgo

Turbin jenis ini beroperasi pada head 30 hingga 300 m. Pancaran air dari bagian *nozzle* membentur sudu pada sudut 20 derajat. Pada turbin turgo dimungkinkan untuk transmisi secara langsung ke generator tanpa melalui sabuk terlebih dahulu sehingga dapat menaikkan efisiensi dan menurunkan biaya perawatan [14]. Bentuk turbin turgo seperti gambar 2.12



Gambar 2.12 Turbin Turgo

(Sumber: ilmuteknologyindustri.blogspot.com)

2.2.6 Perhitungan potensi daya

Dari pengukuran debit dan *headnet* yang di hasilkan maka dapat dihitung perkiraan atau potensi daya listrik yang dihasilkan dengan menggunakan persamaan (2.4) hingga (2.10) [10]:

Daya potensi air:

$$P_{air} = g \times Q \times Hn \quad (2.4)$$

Daya pada turbin:

$$P_{turbin} = g \times Q \times Hn \times Eff_{turbin} \quad (2.5)$$

$$P_{turbin} = P_{air} \times Eff_{turbin} \quad (2.6)$$

Daya transmisi mekanik:

$$P_{transmisi} = g \times Q \times Hn \times Eff_t \times Eff_{transmisi} \quad (2.7)$$

$$P_{transmisi} = P_{turbin} \times Eff_{transmisi} \quad (2.8)$$

Daya output generator:

$$P_{generator} = g \times Q \times Hn \times Eff_t \times Eff_{tr} \times Eff_{generator} \quad (2.9)$$

$$P_{generator} = P_{transmisi} \times Eff_{generator} \quad (2.10)$$

Dengan : P_{air} = daya potensi air (kW)

P_{turbin} : daya pada turbin (kW)

$P_{transmisi}$: daya transmisi mekanik (kW)

$P_{generator}$: daya output generator (kW)

g : gravitasi (9.81)

Q : debit air (m^3/s)

Hn : headnett (m)

Eff_{turbin} : efisiensi turbin (0,8-0,95)

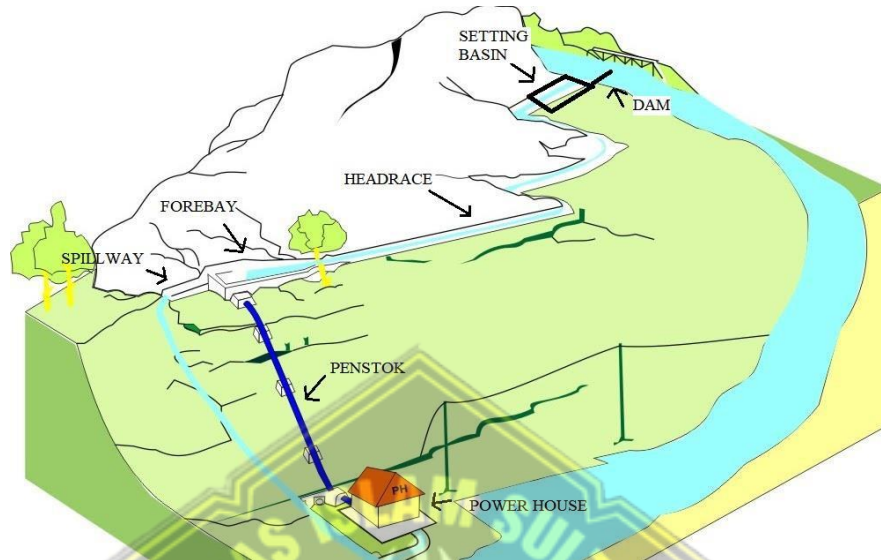
$Eff_{transmisi}$: efisiensi transmisi (0,95 = v belt, 0,98 =flat belt)

$Eff_{generator}$: efisiensi generator (0,8-0,95)

2.2.7 Perancangan PLTMH

Perancangan PLTMH sendiri nantinya akan didasarkan dari data dan

survei yang dilakukan pada tempat perencanaan. Seperti pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Bagian-bagian PLTMH

Bagian-bagian dari PLTMH di antaranya ialah:

1. Dam atau bendung yang digunakan untuk mengalihkan sebagian aliran air menuju ke jalur PLTMH.

Ukuran pintu masuk air ialah harus sebesar 120 persen dari debit air yang rencana atau debit air desain PLTMH seperti pada persamaan 2.11 dan 2.12 [11].

$$Q_{Intake} = Q \times 120\% \quad (2.11)$$

Dengan merencanakan tinggi pintu air maka lebar pintu air ialah:

$$Q = 0,8 \times b \times a \sqrt{2 \times 9,8 \times 0,25} \quad (2.12)$$

2. Setting basin yang di gunakan untuk penyaringan air dari sampah sudah jugapengendapan pertama sedimen yang terbawa air.

Untuk ukuran dari bak pengendap sendiri harus berukuran 10-20 kali lipat dari debitnya, seperti pada persamaan 2.13 dan 2.14 [11].

$$V = 20 \times Q_{intake} \quad (2.13)$$

Dari Volume kemudian bisa di tentukan ukuran panjang dan lebarnya yangkemudian dapat di cari berapa kedalaman yang perlu di buat.

$$V = p \times l \times h \quad (2.14)$$

3. Saluran pembawa atau headrace yang berfungsi untuk mengalirkan air menuju forebay.

Pada perencanaan PLTMH dapat direncanakan besar kecepatan pada saluran pembawa sehingga dapat di temukan luas menggunakan persamaan(2.15)dan (2.16) [11].

$$A = \frac{Q}{v} \quad (2.15)$$

Dan dengan menentukan lebar saluran pembawa maka dalam dari saluran pembawa ialah

$$A = h \times l \quad (2.16)$$

4. Forebay atau bak pengendap yang berfungsi sebagai pengendap sedimen kedua sebelum air yang digunakan masuk ke pipa pesat.

Untuk memastikan memenuhi kebutuhan air dalam pipa pesat maka ukuran bak penenang di buat lebih kecil dari bak pengendap seperti persamaan (2.17) dan (2.18) [11].

$$V = 15 \times Q \quad (2.17)$$

Dari Volume kemudian bisa di tentukan ukuran panjang dan lebarnya yangkemudian dapat di cari berapa kedalaman yang perlu di buat.

$$V = p \times l \times h \quad (2.18)$$

5. Spillway yang digunakan untuk membuang air dari bak penenang jika air masuk berlebih.
6. Pipa pesat atau penstok yang di gunakan untuk menyalurkan air menuju turbin.

Untuk penentuan panjang serta ukuran penstok sendiri menggunakan persamaan (2.19) hingga (2.25) :

Panjang total penstok:

$$\text{Panjang penstok} = p \text{ penstok lurus} + p \text{ penstok miring} \quad (2.19)$$

$$\text{penstok miring} = \sqrt{\text{panjang lintasan}^2 + \text{tinggi penstok}^2} \quad (2.20)$$

Kecepatan air dalam penstok [12].

$$V_p = 0,125 \sqrt{2 \times g \times h^2} \quad (2.21)$$

Diameter penstok [12].

$$D = \sqrt{\frac{4Q_p}{V_p}} \quad (2.22)$$

Penampang penstok [12].

$$A_p = \frac{Q_p}{V_p} \quad (2.23)$$

Ketebalan minimal penstok [13].

$$t_{min} = \frac{508+D}{400} \quad (2.24)$$

Rugi Head dalam pipa pesat akibat gesekan air [12].

$$H_{Lfp} = 10,29 \frac{n^2 Q^2 L}{D^{5,3}} \quad (2.25)$$

Dengan : V_p = Kecepatan air dalam penstok (m/s)

D = diameter penstok (m)

A_p = penampang penstok (m²)

t_{min} = tebal minimal penstok (mm)

H_{Lfp} = Rugi head

L = Panjang pipa

n = koefisien manning (0,009-0,014)

7. Power house

Perangkat yang terdapat dalam power house diantaranya ialah [1] :

- a. Turbin, merupakan bagian yang mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Penggunaan tipe atau jenis turbin bisa didasarkan pada tinggi *head* dan juga besarnya debit air.
- b. Generator, merupakan peralatan inti di mana berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Pemilihan besar kapasitas generator didasarkan pada perhitungan prakiraan potensi daya yang di bangkitkan.
- c. Peralatan kontrol, merupakan suatu rangkaian yang digunakan untuk mengatur daya yang dihasilkan. Sistem kontrol pada PLTMH biasanya digunakan untuk menyeimbangkan beban dengan output generator yang dihasilkan, peralatan tersebut di antaranya ialah:

- Pengaman (*Circuit Breaker*), di antaranya ialah seperti MCB, NFB, dan MCCB yang berfungsi sebagai pengaman rangkaian dari beban berlebih maupun saat terjadi hubung singkat. Bentuknya seperti pada gambar 2.14



Gambar 2.14 Pengaman beban lebih dan hubung singkat [1]

- Kontaktor Magnet (*Magnetic Contactor*), berfungsi sebagai kontak atau penghubung, cara bekerjanya hanya dengan memberi tegangan pada koil kemudian kontaktor akan menutup close. Bentuk MC seperti pada gambar 2.15



Gambar 2.15 Kontaktor Magnetik [1]

- *Elektronik Load Controller* (ELC), peralatan ini berfungsi sebagai monitor frekuensi yang dilakukan secara terus menerus. Frekuensi yang termonitor akan dibandingkan dengan frekuensi offset atau nilai frekuensi yang ditentukan sebelumnya dan dengan nilai toleransi yang diizinkan. Hasil yang di dapat kemudian digunakan untuk mengatur besarnya ballast loads secara otomatis.

- *Induction Generator Controller* (IGC), berfungsi sebagai pengatur tegangan secara otomatis, yaitu dengan cara menyeimbangkan, antara daya turbin dengan daya generator. Panel ELC dan IGC seperti gambar 2.16.



Gambar 2.16 Panel Kontrol [1]

- Beban ballast (*Ballast load*), beban ballast ini hanya digunakan pada PLTMH dengan kontrol beban ELC dan IGC, fungsi beban ballast ini ialah untuk membuang energi listrik yang tidak terpakai konsumen. Hal ini dilakukan untuk menyeimbangkan tegangan dan frekuensi yang dihasilkan oleh generator. Bentuk dari ballast load seperti pada gambar 2.17.



Gambar 2.17 Beban ballast [1]

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

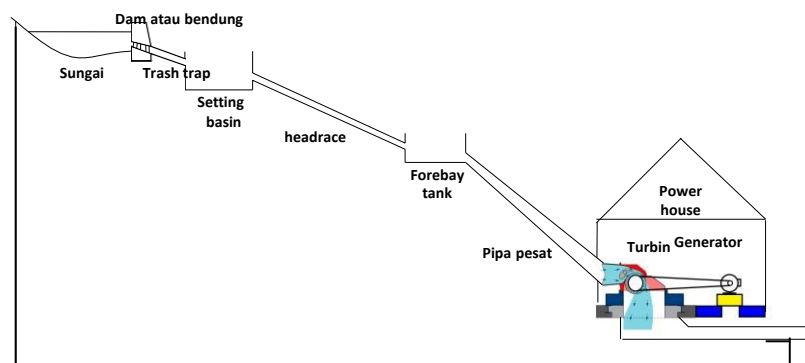
Objek penelitian tugas akhir ini ialah berada pada bendung simbang di Desa Kalimojosari Kecamatan Doro Kabupaten Pekalongan, seperti pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Bendung Simbang

3.2 Model PLTMH

Model PLTMH yang nantinya akan di rencanakan ialah seperti pada gambar 3.2



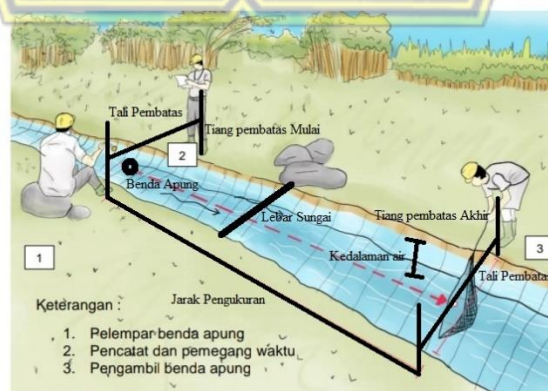
Gambar 3.2 Model PLTMH

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Pengukuran Debit

Rencana pengukuran debit pada bendung simbang akan di lakukan di beberapa titik di sekitar bendung, dan di satu titik dilakukan beberapa kali percobaan yang kemudian nantinya akan di ambil nilai rata-rata dari keseluruhan.

Pengukuran debit diawali dengan memilih titik pengukuran, karena menggunakan metode apung maka pemilihan titik lebih baik di tempat yang aliran airnya cenderung tenang dan lurus. Kemudian setelah menentukan titik dilanjutkan dengan mengukur lebar dan kedalaman sungai yang di gunakan untuk menentukan luas penampang (persamaan 2.1) kemudian menentukan berapa panjang sungai yang akan dilakukan pengukuran. Setelah itu maka dilakukan pengukuran dengan cara menghanyutkan benda yang mengapung seperti bola plastik ataupun bisa menggunakan botol bekas air mineral, dilakukan pengukuran waktu dari awal titik hingga akhir titik pengukuran, maka didapatkan waktu tempuhnya yang kemudian digunakan untuk menentukan kecepatan (persamaan 2.2). Kemudian hasil dari kecepatan dan luas bisa di gunakan untuk menghitung debit air menggunakan persamaan 2.3. ilustrasi pengukuran debit air terdapat pada gambar 3.3



Gambar 3.3 Ilustrasi Pengukuran debit air

Data pengukuran debit yang di dapatkan nantinya akan di dukung dengan data debit air pada Bendung Tapak Menjangan dimana masih berada pada sungai yang sama, data akan dibandingkan dengan waktu dilakukannya pengukuran kemudian dilihat apakah terdapat perbedaan pada hasil pengukuran.

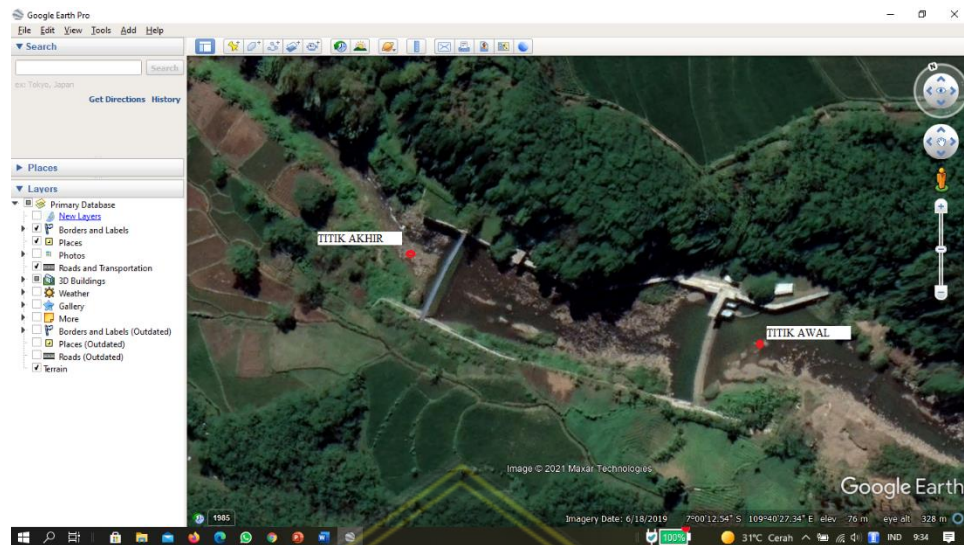
Kemudian untuk keperluan perencanaan PLTMH maka dari data debit pada Bendung Tapak Menjangan dicari debit andalan menggunakan probabilitas.

Benda-benda yang digunakan saat pengukuran diantaranya ialah, stopwatch untuk mengukur waktu, tiang dan tali pembatas, benda apung, serta meteran untuk mengukur panjang, lebar serta kedalaman sungai.

3.3.2 Pengukuran Headnet

Pengukuran *headnet* sendiri bisa dilakukan dengan menggunakan google earth atau dengan pengukuran manual. Pada perencanaannya sendiri penulis akan mengukur dengan menggunakan google earth dan manual, tetapi untuk pengukuran manual sendiri akan dilihat dahulu pada saat survei lokasi, apakah memungkinkan dilakukan secara manual.

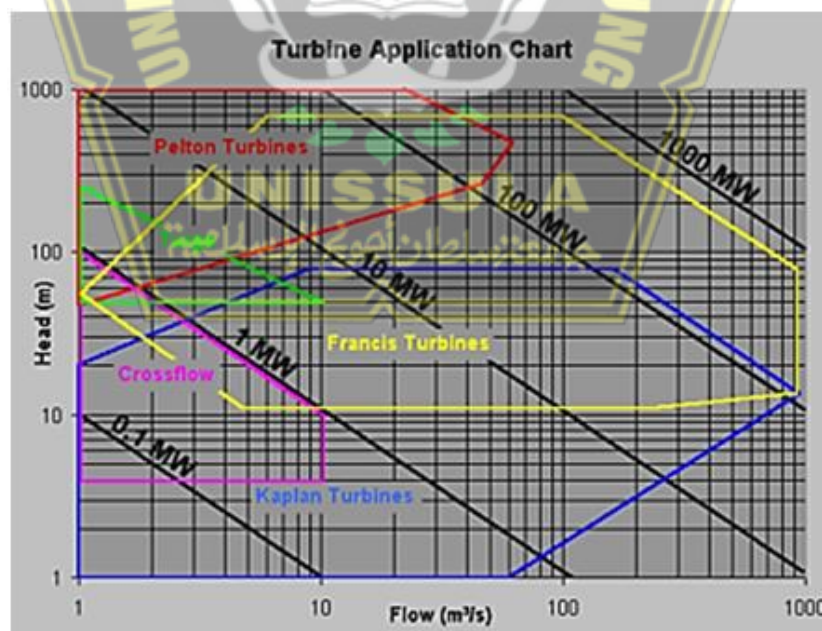
Pengukuran menggunakan google earth ialah dengan membandingkan ketinggian titik awal dengan ketinggian titik akhir di mana yang nantinya akan dijadikan jalur pipa pesat seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3.4 Pengukuran Ketinggian

3.3.3 Penentuan jenis turbin yang digunakan

Penentuan jenis turbin yang di gunakan ialah berdasarkan hasil debit air dan ketinggian atau headnet yang nantinya terukur dan dapat di jadikan acuan pemilihan jenis turbin seperti pada gambar 3.4



Gambar 3.5 Chart penentuan jenis turbin

3.3.4 Perhitungan potensi daya

Dari pengukuran debit dan *headnet* yang di dihasilkan maka dapat

dihitung perkiraan atau potensi daya air yang dihasilkan dengan menggunakan persamaan 2.4, yang kemudian hasil dari potensi daya air digunakan untuk menghitung daya pada turbin dengan persamaan 2.6 dengan memperhatikan efisiensi turbin, selanjutnya daya pada turbin digunakan untuk menghitung daya transmisi mekanik yang akan menggunakan v belt ataupun belt dengan menggunakan persamaan 2.8. Kemudian daya transmisi dapat digunakan untuk menghitung daya output generator menggunakan persamaan 2.10 dengan memperhatikan efisiensi generator.

3.4 Alat dan Bahan serta software

3.4.1 Pengukuran Debit

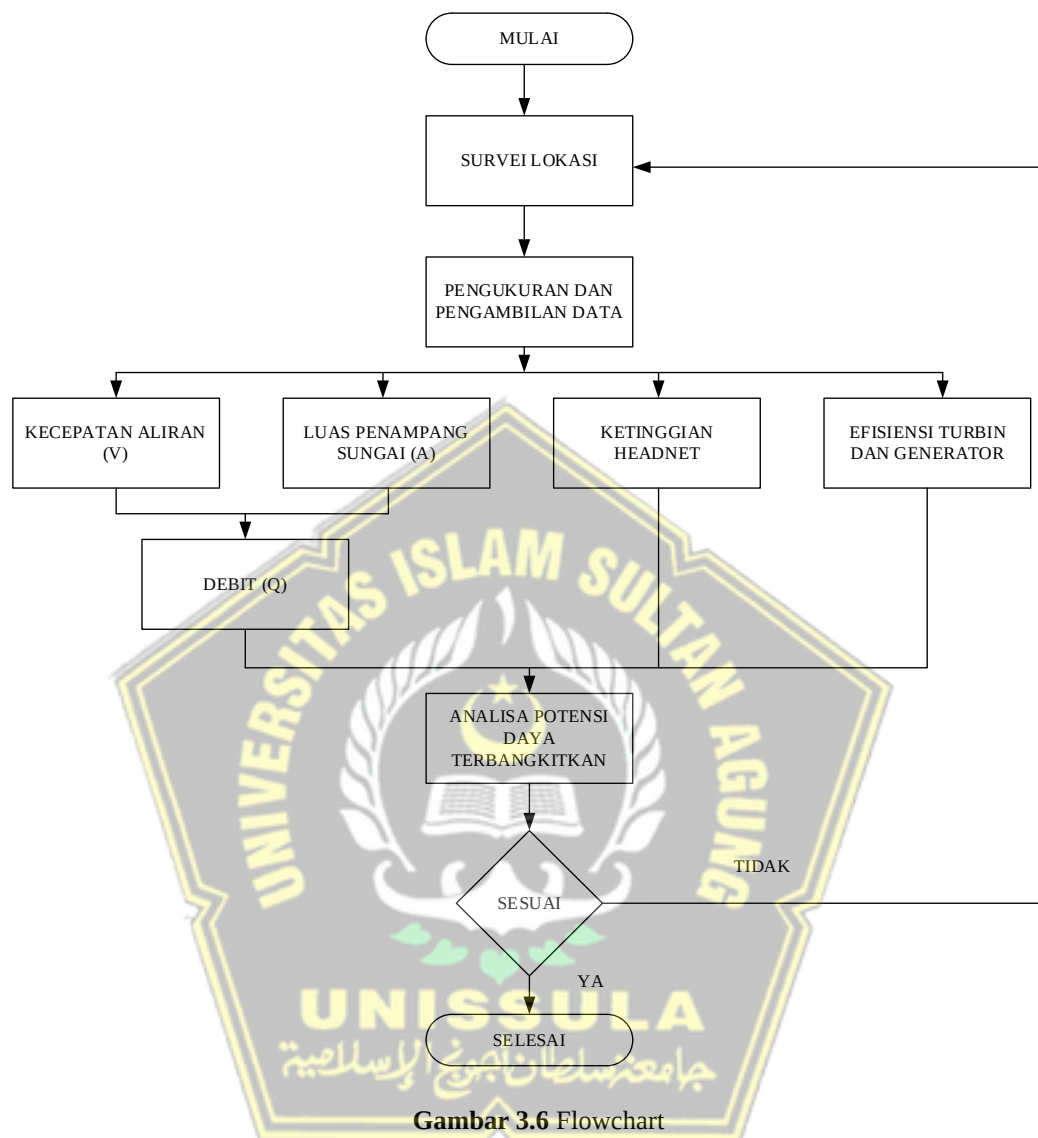
Alat dan bahan yang digunakan untuk pengukuran ialah:

- a. Meteran
- b. Stopwatch
- c. Tiang pembatas
- d. Tali pembatas
- e. Benda apung

3.4.2 Pengukuran ketinggian

Software yang digunakan untuk mengukur ketinggian ialah google earth yang digunakan untuk menghitung selisih ketinggian titik awal dan ketinggian titik akhir.

3.5 Flowchart



Gambar 3.6 Flowchart

Penelitian akan diawali dengan survei lokasi, memperkirakan dimana titik titik perencanaan PLTMH, dan juga survei di mana saja akan dilakukan pengukuran. Selanjutnya ialah melakukan pengukuran debit sungai dengan mengukur luas penampang sungai dan kecepatan aliran sungai. Kemudian melakukan pengukuran headnet yang nantinya akan digunakan untuk jalur penstok, pengukuran akan dilakukan menggunakan google earth, dan jika memungkinkan akan dilakukan secara manual sebagai pembanding pengukur. Selanjutnya ialah mencari tahu tentang efisiensi turbin dan generator. Karena pada penelitian ini penulis merencanakan akan mengukur

debit di sungai tersebut dan mengukur headnet menggunakan google earth maka data yang digunakan ialah data primer dan data sekunder. Kemudian data yang dihasilkan dapat digunakan untuk menghitung prakiraan daya yang dapat dihasilkan, serta perencanaan PLTMH di bendung simbang.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengukuran Debit Air

Pengukuran debit air yang dilakukan pada Sungai Welo menggunakan metode apung, dimana kecepatan aliran kedalaman serta lebar sungai yang akan menentukan besar debit air, oleh karena itu dalam metode apung harus memilih tempat yang aliran airnya lurus dan tidak terganggu oleh batu di sepanjang aliran yang akan dilakukan pengukuran.

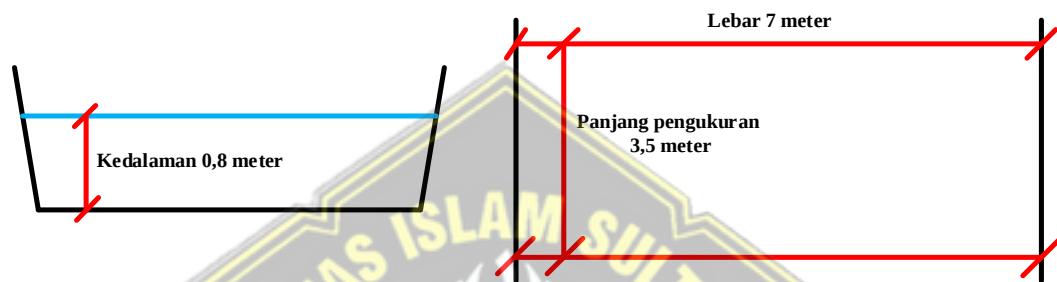
Pengambilan data dilakukan di dua titik dan dilakukan pada akhir bulan Oktober, dimana menurut prakiraan musim dari BMKG wilayah Pekalongan bagian selatan sudah mulai memasuki awal musim hujan[14]. Kondisi air sendiri pada bulan Oktober sudah mulai mengalami kenaikan dibandingkan beberapa bulan sebelumnya tetapi tidak sebesar pada saat musim hujan sudah berjalan lama. Kondisi Sungai Welo yang tidak mempunyai penampang melintang yang rata sehingga pada saat pengukuran diperlukan perlakuan yang sesuai dimana saat pengukuran kedalaman sungai dilakukan beberapa kali dimulai dengan ujung sungai hingga ke tengah sungai atau hingga ujung sungai yang lainnya yang kemudian dicari nilai rata-rata kedalaman sungainya.

4.1.1 Tempat Pertama



Gambar 4.1 Tempat pengukuran debit 1

Pada tempat pertama yang dilakukan pengukuran debit air mempunyai kedalaman 80 cm dengan lebar sungai 7 meter, dan pengukuran yang memungkinkan dilakukan ialah sepanjang 3,5 meter dan dalam pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali percobaan. Dan salah satunya ialah botol memerlukan waktu 6,1 detik untuk menempuh 3,5 meter panjang pengukuran, sehingga menghasilkan debit sebesar $3,19 \text{ m}^3/\text{s}$. Ilustrasi keadaan sungai seperti pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Ilustrasi Keadaan sungai 1

Luas Penampang

$$A = l \times h$$

$$A = 7 \times 0,8 = 5,6 \text{ m}^2$$

Kecepatan Air

$$V = s/t$$

$$V = \frac{3,5}{6,1} = 0,57 \text{ m/s}$$

Debit Air

$$Q = A \times V$$

$$Q = 5,6 \times 0,57 = 3,19 \text{ m}^3/\text{s}$$

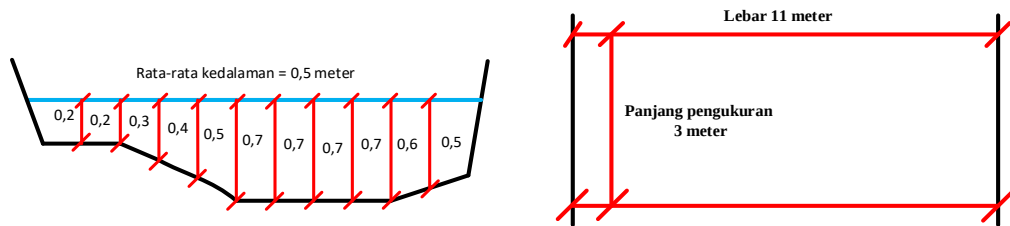
Tabel 4.1 Hasil pengukuran debit tempat pertama

No.	Percobaan	Luas (m ²)	Jarak (m)	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)	Debit Air(m ³ /s)
1	1	5,6	3,5	6,1	0,57	3,192
2	2	5,6	3,5	6,8	0,51	2,856
3	3	5,6	3,5	6,42	0,54	3,024
4	4	5,6	3,5	6,09	0,57	3,192
5	5	5,6	3,5	6,75	0,51	2,856
Rata Rata Debit						3,024

4.1.2 Tempat Kedua

**Gambar 4.3** Tempat pengukuran debit 2

Pada tempat kedua yang dilakukan pengukuran debit air mempunyai kedalaman 50 cm dengan lebar sungai 11 meter, dan pengukuran yang memungkinkan dilakukan ialah sepanjang 3 meter dan dalam pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali percobaan. Dan salah satunya ialah botol memerlukan waktu 3,56 detik untuk menempuh 3 meter panjang pengukuran. sehingga menghasilkan debit sebesar 4,62 m³/s. Ilustrasi keadaan sungai seperti pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Ilustrasi keadaan sungai 2

Luas Penampang

$$A = l \times h$$

$$A = 11 \times 0,5 = 5,5 \text{ m}^2$$

Kecepatan Air

$$V = s/t$$

$$V = \frac{3}{3,56} = 0,84 \text{ m/s}$$

Debit Air

$$Q = A \times V$$

$$Q = 5,5 \times 0,84 = 4,62 \text{ m}^3/\text{s}$$

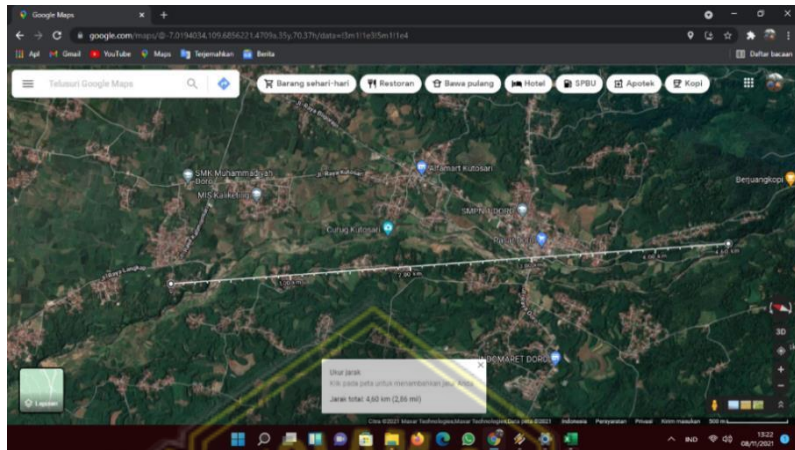
Tabel 4.2 Hasil pengukuran debit tempat kedua

No.	Percobaan	Luas (m ²)	Jarak (m)	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)	Debit Air(m ³ /s)
1	1	5,5	3	3,56	0,84	4,62
2	2	5,5	3	3,49	0,85	4,675
3	3	5,5	3	4,14	0,72	3,96
4	4	5,5	3	4,15	0,72	3,96
5	5	5,5	3	3,75	0,8	4,4
Rata Rata Debit						4,323

Hasil Pengukuran pada kedua tempat kemudian di ambil nilai rata-rata dimana 3,024 m³/s pada tempat pertama dan 4,323 m³/s sehingga ditemukan nilai rata-rata sebesar 3,67 m³/s.

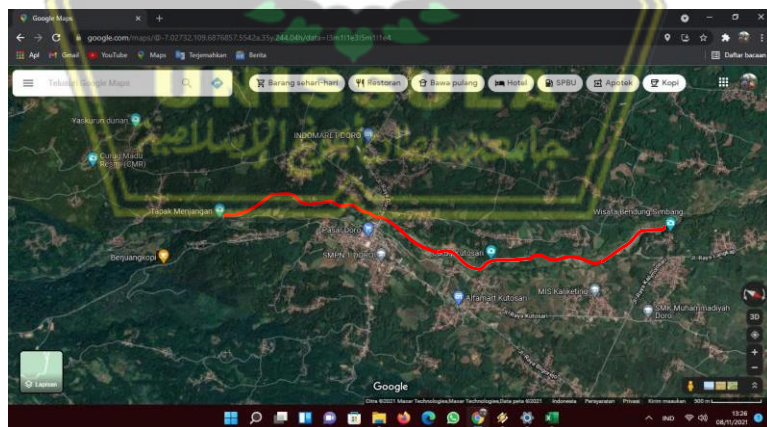
Selanjutnya untuk mendukung nilai pengukuran debit air yang sudah didapatkan maka akan di bandingkan dengan data debit air pada Bendung

Tapak Menjangan. Dimana antara Bendung Simbang dan Bendung Tapak Menjangan mempunyai jarak 4,6 km seperti pada gambar 4.5



Gambar 4.5 Jarak 2 bendung

Bendung Tapak Menjangan dan Bendung Simbang terdapat pada sungai yang sama yaitu Sungai Welo, dan juga alur sungai yang sama serta tidak terdapat percabangan sungai antara kedua bendung tersebut, seperti pada gambar 4.6



Gambar 4.6 Alur Sungai Welo

Berikut ialah data rerata harian debit Bendung Tapak Menjangan selama tahun 2020

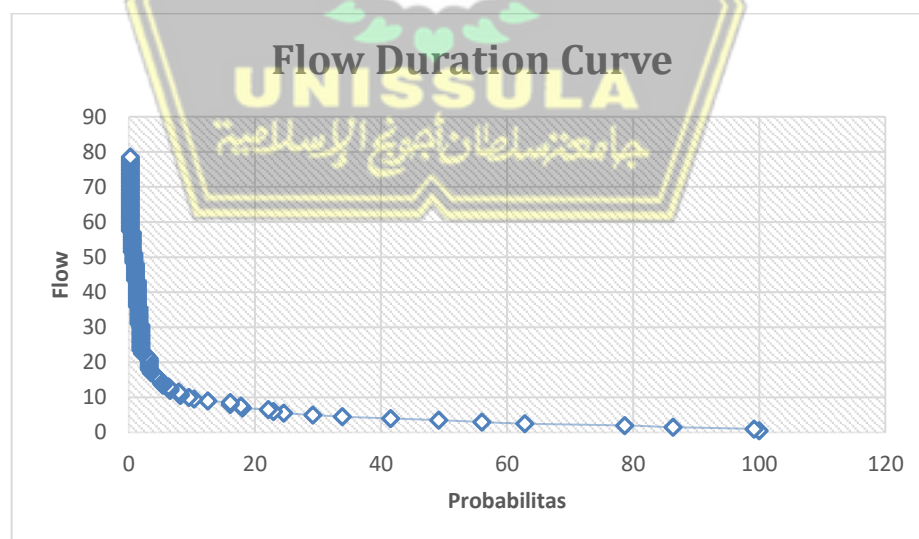
Tabel 4.3 Debit rerata harian Bendung Tapak Menjangan

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	47,60	3,02	50,91	3,62	4,95	1,61	1,61	1,51	0,82	0,85	2,69	3,17
2	8,40	2,46	8,40	3,62	4,95	1,61	1,61	1,51	0,82	0,85	2,69	2,39
3	8,40	9,89	8,40	3,62	4,95	1,61	2,03	1,27	0,82	0,85	7,43	5,59
4	11,10	8,27	6,02	3,62	4,95	1,61	2,03	1,27	0,82	0,62	2,69	7,22
5	7,21	4,01	6,02	4,62	4,95	1,61	1,61	1,27	0,82	0,39	8,93	7,22
6	9,75	16,23	4,01	4,62	7,15	1,61	2,81	1,27	0,82	0,39	3,08	12,75
7	20,81	11,24	4,01	3,66	5,95	1,61	1,61	1,04	0,82	0,39	3,08	12,75
8	15,95	8,40	17,33	3,62	4,95	1,61	1,61	1,04	0,82	0,90	9,12	11,26
9	21,61	4,01	4,01	3,62	4,95	1,61	2,03	1,04	0,82	1,41	4,31	9,91
10	8,40	3,51	4,01	2,84	4,95	1,61	1,61	0,82	0,82	1,41	2,69	8,56
11	8,40	3,02	2,46	2,07	4,95	1,61	1,61	0,82	0,82	1,13	2,69	8,56
12	6,02	3,02	2,46	2,07	3,40	1,61	1,61	1,27	0,82	0,85	2,69	8,56
13	3,02	2,46	2,00	3,85	3,40	1,61	1,61	1,27	0,82	0,85	2,69	8,56
14	3,02	2,00	2,00	2,07	3,40	1,61	1,61	1,27	0,82	0,85	3,31	8,56
15	3,02	2,00	2,00	2,84	3,40	1,61	1,61	1,27	0,82	0,85	3,31	8,56
16	3,02	5,20	2,00	3,53	3,40	2,03	1,77	1,27	0,62	1,06	2,69	6,18
17	2,46	5,01	4,01	3,53	6,37	1,61	1,77	1,27	0,62	1,06	2,69	6,18
18	2,46	4,01	8,27	3,53	13,35	5,00	1,77	1,27	0,62	1,06	2,69	4,17
19	2,46	6,02	6,02	3,53	4,95	2,03	1,36	1,27	0,62	1,06	16,1 1	3,18
20	2,46	22,89	56,85	6,92	4,95	1,61	4,75	1,27	0,62	8,12	30,2 7	3,18
21	15,45	12,85	9,75	4,53	3,40	6,35	9,32	1,27	0,62	3,08	21,5 7	2,62
22	7,21	8,40	6,02	3,53	3,40	2,46	3,29	1,04	0,82	4,09	5,09	2,62
23	4,24	9,05	35,21	3,53	3,40	2,00	2,27	1,04	0,82	3,54	5,09	2,62
24	3,51	9,75	8,40	3,53	3,40	1,61	2,27	1,04	0,82	10,97	4,59	2,16
25	42,61	11,10	6,02	3,53	2,94	1,61	2,27	0,82	0,82	4,31	6,09	1,77
26	4,01	8,40	2,46	3,53	2,94	2,03	1,88	0,82	5,56	4,10	6,28	1,77
27	3,02	14,61	3,23	3,53	2,55	1,61	1,81	0,82	0,82	4,10	5,09	1,77
28	2,74	14,21	12,41	3,53	2,55	1,61	1,81	0,82	0,82	4,10	3,54	1,77
29	2,46	21,45	6,02	3,53	2,55	1,61	1,51	0,82	0,62	3,54	3,54	5,16
30	2,00		6,02	3,53	2,55	1,61	1,51	0,82	0,62	3,08	3,54	8,56
31	2,00		78,05		2,55		1,51	0,82		2,69		,40
Maximu m	47,60	22,89	78,05	6,92	13,35	6,35	9,32	1,51	5,56	10,97	30,2 7	12,75

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
Rerata bulanan	9,19	8,15	12,09	3,59	4,40	1,96	2,18	1,11	0,92	2,34	6,01	6,09
Minimum	2,00	2,00	2,00	2,07	2,55	1,61	1,36	0,82	0,62	0,39	2,69	1,77
Rerata (1-15)	12,18	5,57	8,27	3,36	4,75	1,61	1,77	1,20	0,82	0,84	4,09	8,24
Jml.data kosong	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rerata (16-31)	6,38	10,93	15,67	3,82	4,08	2,32	2,55	1,03	1,03	3,75	7,92	4,07
Jml.data kosong	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Berdasarkan data di atas pengukuran yang dilakukan pada dua titik Sungai Welo tidak berbeda jauh dari data di atas dimana pada akhir bulan Oktober 2020 debit mempunyai nilai rata rata pada angka $3,75 \text{ m}^3/\text{s}$

Kemudian untuk keperluan perencanaan PLTMH dari data di atas di cari debit andalannya menggunakan metode probabilitas yang menghasilkan seperti gambar 4.7.



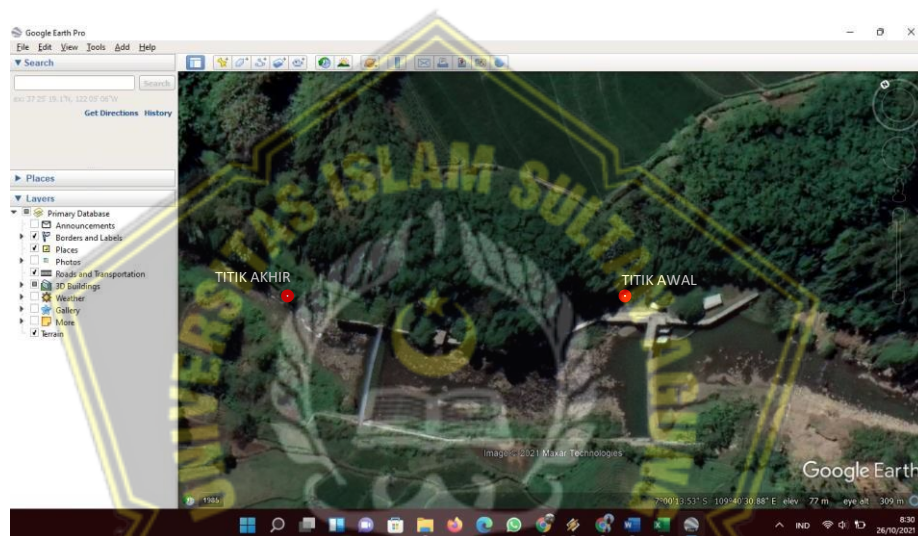
Gambar 4.7 Debit Andalan

Berdasarkan pedoman studi kelayakan hidrologi bahwa probabilitas

debit air untuk PLTMH ialah 80%, sehingga berdasarkan gambar 4.7 dapat di tentukan debit andalannya sebesar $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

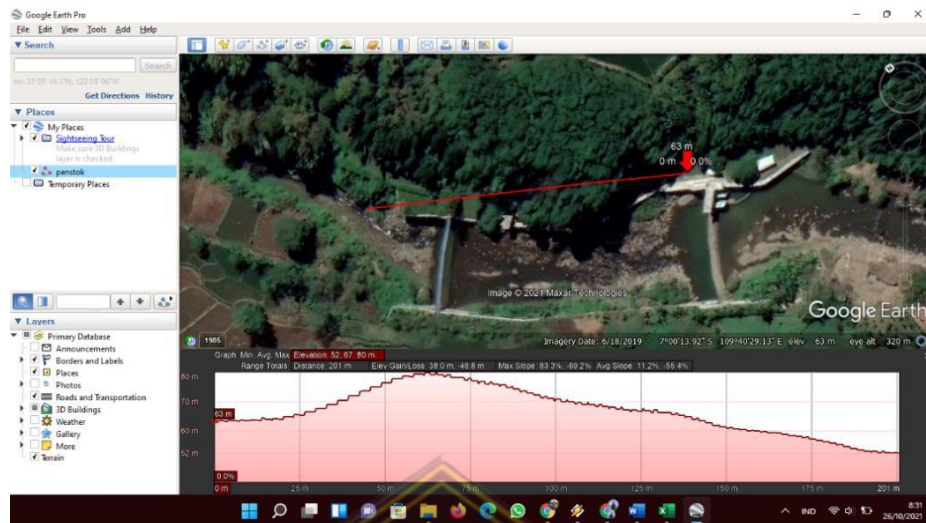
4.2 Pengukuran Headnet

Pengukuran ketinggian headnet bertujuan untuk mengetahui ketinggian dari titik awal pipa pesat hingga titik akhir pipa pesat atau masuk ke dalam turbin, berdasarkan survei lokasi yang dilakukan penentuan titik awal pipa pesat hingga titik akhir pipa pesat ialah pada gambar 4.8



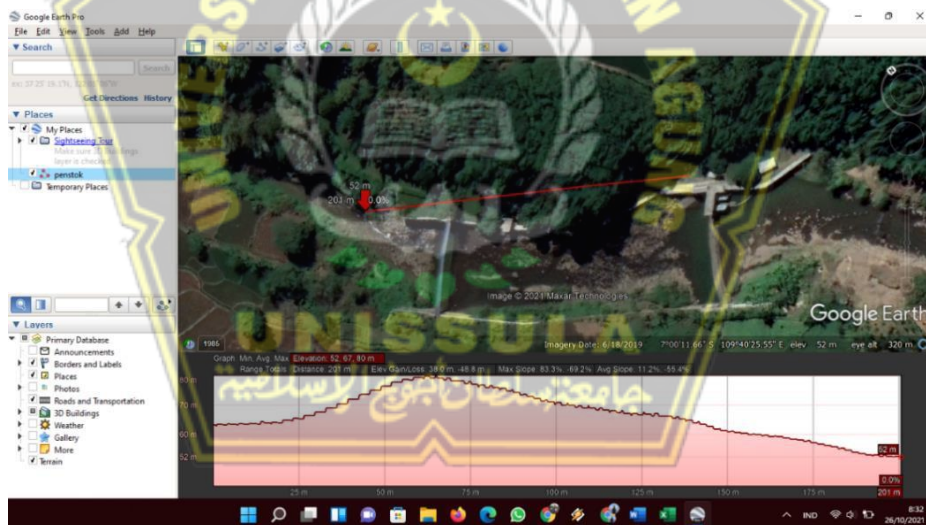
Gambar 4.8 Titik Pengukuran Head

Hasil Pengukuran dengan menggunakan google earth ialah sebagai berikut, titik awal berada pada ketinggian 63 m berdasarkan tampilan seperti gambar 4.9



Gambar 4.9 Ketinggian titik awal

Sedangkan untuk titik akhir berada pada ketinggian 52 meter berdasarkan tampilan pada google earth seperti gambar 4.10



Gambar 4.10 Ketinggian titik akhir

Jadi untuk ketinggian *headnet* yang didapat dari pengukuran menggunakan google earth adalah 11 meter dimana pada titik awal mempunyai ketinggian 63 meter dan titik akhir mempunyai ketinggian 52 meter sehingga dapat ditemukan selisih sebesar 11 meter.

4.3 Penentuan jenis Turbin

Penentuan jenis turbin untuk perencanaan PLTMH didasarkan pada hasil besarnya debit air andalan dan ketinggian head pada pengukuran yang dilakukan. Besar debit air andalan ialah sebesar $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ dan ketinggian pada Bendung Simbang ialah setinggi 11 meter. Berdasarkan data tersebut dan gambar 2.9 maka dapat menggunakan jenis turbin crossflow. Bentuk turbin crossflow seperti pada gambar 4.11



Gambar 4.11 Turbin Crossflow [12]

4.4 Perhitungan potensi daya

Berdasarkan data yang dihasilkan dalam pengukuran dan persamaan dalam landasan teori berikut ialah perhitungan potensi daya yang bisa dihasilkan pada perencanaan PLTMH di Bendung Simbang

Daya potensi air:

$$P_{air} = g \times Q \times H_n$$

$$P_{air} = 9,8 \times 1,5 \times 11$$

$$P_{air} = 161,7 \text{ kW}$$

Daya pada turbin:

$$P_{turbin} = P_{air} \times Eff_{turbin}$$

$$P_{turbin} = 161,7 \times 0,85$$

$$P_{turbin} = 137,445 \text{ kW}$$

Daya transmisi mekanik:

$$P_{transmisi} = P_{turbin} \times Eff_{transmisi}$$

$$P_{transmisi} = 137,445 \text{ kW} \times 0,98$$

$$P_{transmisi} = 134,696 \text{ kW}$$

Daya output generator:

$$P_{generator} = P_{transmisi} \times Eff_{generator}$$

$$P_{generator} = 134,696 \times 0,85$$

$$P_{generator} = 114,49 \text{ kW}$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama ketinggian yang sama hingga efisiensi turbin, transmisi hingga generator yang sama maka dapat dihitung *output* generator berdasarkan data rata-rata debit perbulan seperti pada tabel 4.4.

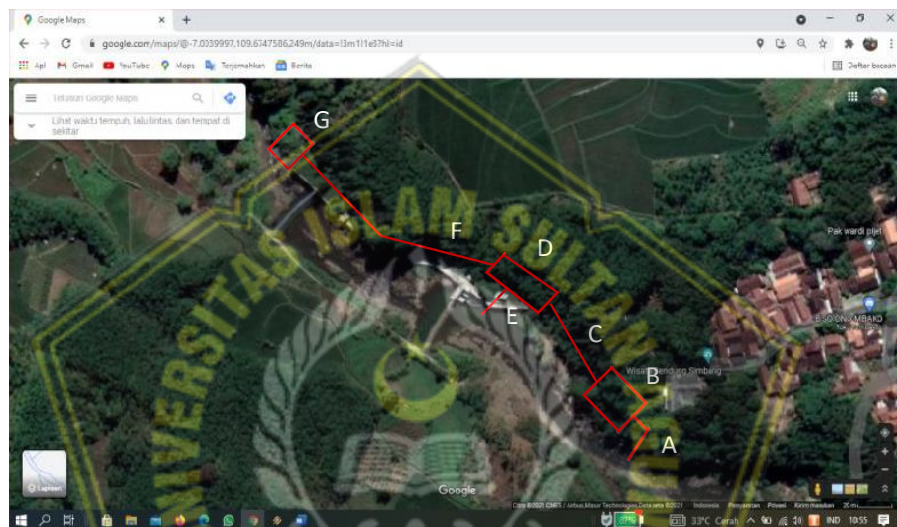
Tabel 4.4 Output generator berdasarkan debit perbulan

No.	Rerata debit perbulan(m ³ /s)	g	h (m)	Output generator(kW)
1	9,19	9,8	11	701,45
2	8,15	9,8	11	622,07
3	12,09	9,8	11	922,80
4	3,59	9,8	11	274,01
5	4,4	9,8	11	335,84
6	1,96	9,8	11	149,60
7	2,18	9,8	11	166,39
8	1,11	9,8	11	84,72
9	0,92	9,8	11	70,22
10	2,34	9,8	11	178,60
11	6,01	9,8	11	458,73
12	6,09	9,8	11	464,83

4.5 Perencanaan PLTMH

4.5.1 Penentuan Lokasi

Berdasarkan dari survei lokasi yang telah dilakukan pada sekitar Bendung Simbang berikut ialah tempat yang memungkinkan untuk di rencanakan PLTMH seperti gambar 4.12.



Gambar 4.12 Lokasi PLTMH

Keterangan :

- A = Dam atau *Inteke*
- B = Bak Pengendap atau *setting basin*
- C = Saluran Pembawa atau *Headrace*
- D = Bak penenang atau *Forebay*
- E = Saluran Pembuang atau *spillway*
- F = Pipa pesat atau *Penstock*
- G = *Power House*

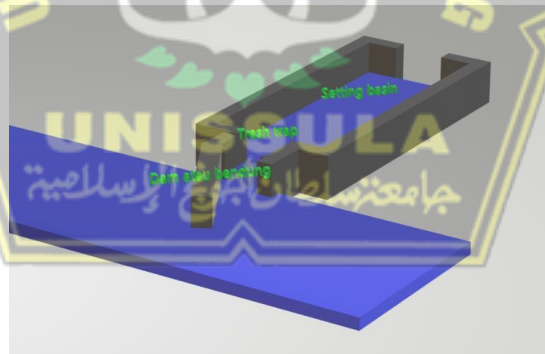
4.5.2 Dam dan Bak Pengendap

Survei yang dilakukan pada sekitar bendung menghasilkan gambaran dimana letak dam atau saluran masuk air yang kemudian akan masuk melalui *trash trap* dan diendapkan pada bak pengendap akan diletakkan seperti pada gambar 4.13.



Gambar 4.13 Letak Dam atau Intake

Desain untuk dam dan bak pengendap sendiri seperti gambar 4.14



Gambar 4.14 Desain dam dan bak pengendap

Ukuran pintu masuk air ialah sebagai berikut

$$Q_{Intake} = Q \times 120\%$$

$$Q_{Intake} = 1,5 \times 120\% = 1,8 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dengan merencanakan tinggi pintu air setinggi 1 meter maka lebar pintu air ialah:

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

$$1,8 = 0,8 \times 1 \times a \sqrt{2 \times 9,8 \times 0,25}$$

$$1,8 = 1,77 \times a$$

$$a = 1,01 \text{ m}$$

Sedangkan untuk ukuran dari bak pengendap sendiri harus berukuran 10-20 kali lipat dari debitnya, sehingga dapat di tentukan.

$$V = 20 \times 1,8$$

$$V = 36 \text{ m}^3$$

Pada perencanaan PLTMH merencanakan panjang bak pengendap ialah 8 m dan lebar ialah 3 m sehingga dapat dihitung kedalaman dari bak pengendap ialah

$$V = A \times h$$

$$V = p \times l \times h$$

$$36 = 8 \times 3 \times h$$

$$36 = 24 \times h$$

$$h = 1,5 \text{ m}$$

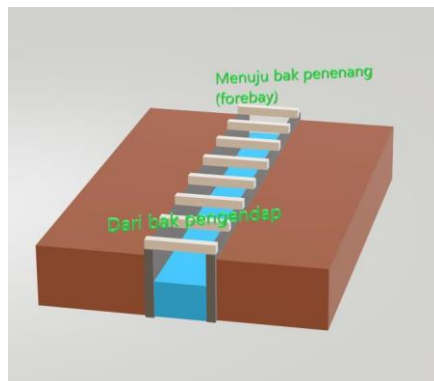
4.5.3 Saluran Pembawa

Saluran pembawa atau *headrace* berdasarkan hasil survei akan di tempatkan pada gambar 4.15.



Gambar 4.15 Letak Saluran Pembawa

Untuk desain dari saluran pembawa sendiri seperti pada gambar 4.16.



Gambar 4.16 Desain saluran pembawa

Pada perencanaan PLTMH merencanakan kecepatan pada saluran pembawa yaitu 1,5m/s dengan debit yang sama dengan perencanaan bak pengendap yaitu 4,4 m³/s maka dapat ditentukan luas saluran pembawa ialah

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$A = \frac{1,8}{1,5} = 1,2 \text{ m}^2$$

Dan dengan menentukan lebar saluran pembawa 0,8 m maka dalam dari saluran pembawa ialah

$$A = h \times l$$

$$1,2 = h \times 0,8$$

$$h = 1,5 \text{ m}$$

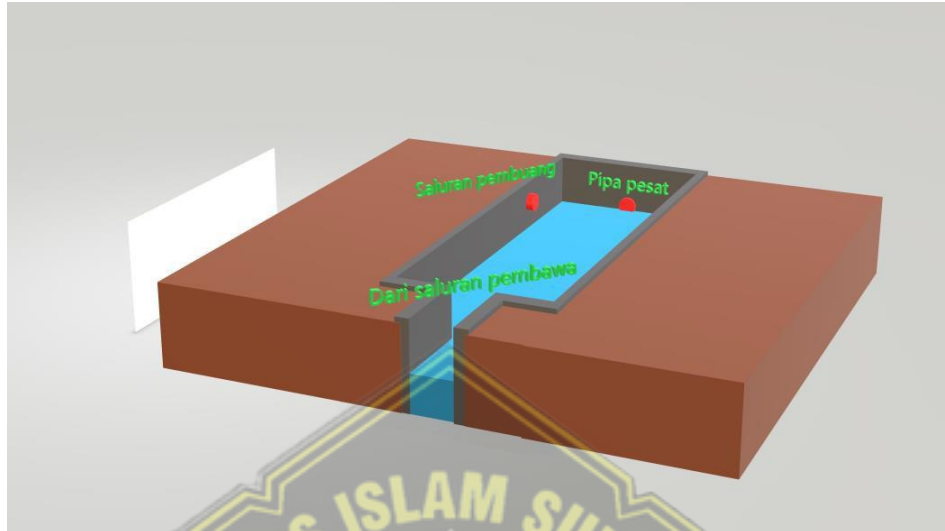
4.5.4 Bak penenang dan Saluran Pembuang

Bak penenang atau *forebay* berdasarkan hasil survei akan di tempatkan pada gambar 4.17.



Gambar 4.17 Letak bak penenang

Untuk desain dari bak penenang sendiri seperti pada gambar 4.18.



Gambar 4.18 Desain bak penenang

Untuk memastikan memenuhi kebutuhan air dalam pipa pesat maka ukuran bak penenang di buat lebih kecil dari bak pengendap, di mana ukuran bak penenang di buat hanya 15 kali saja dari debit *intake* sehingga volume dari bak penenang ialah.

$$V = 15 \times 1,8$$

$$V = 27 \text{ m}^3$$

Pada perencanaan PLTMH merencanakan panjang bak penenang ialah 7 m dan lebar ialah 2 m sehingga dapat di hitung kedalaman dari bak penenang ialah

$$V = A \times h$$

$$V = p \times l \times h$$

$$27 = 7 \times 2 \times h$$

$$27 = 14 \times h$$

$$h = 1,93 \text{ m}$$

4.5.5 Pipa pesat

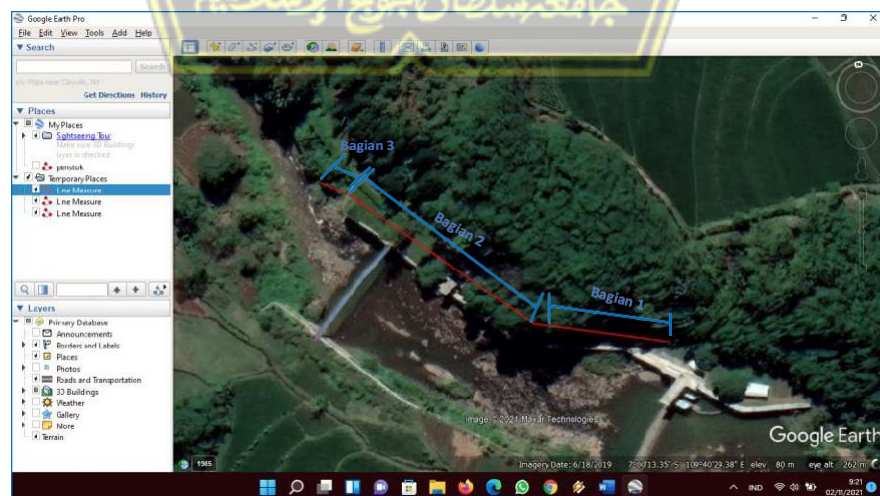
Pipa pesat atau *penstock* berdasarkan hasil survei akan ditempatkan pada gambar 4.19.



Gambar 4.19 Letak pipa pesat

Untuk desain pipa pesat sendiri dari tebal hingga panjangnya dapat di tentukan dengan perhitungan di bawah ini.

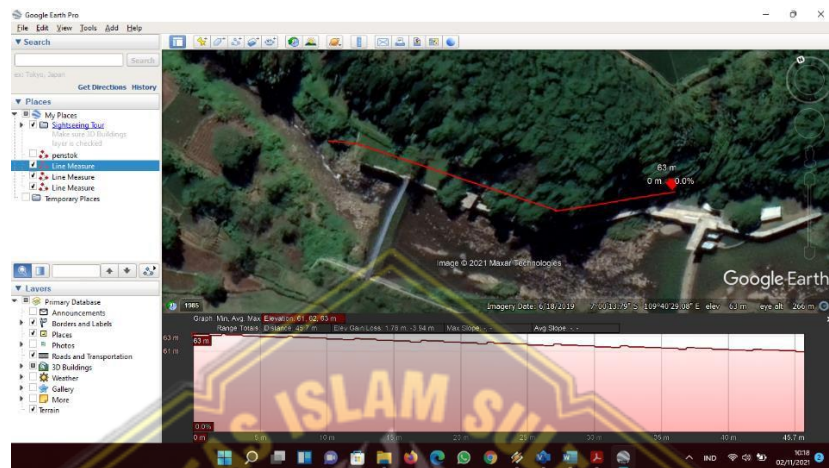
Berikut ialah jalur pipa pesat yang d rencanakan terdapat 3 bagian pipa pesat yang masing-masing akan dihitung panjangnya sehingga ditemukan panjang total pipa pesat, seperti pada gambar 4.20.



Gambar 4.20 Jalur pipa pesat

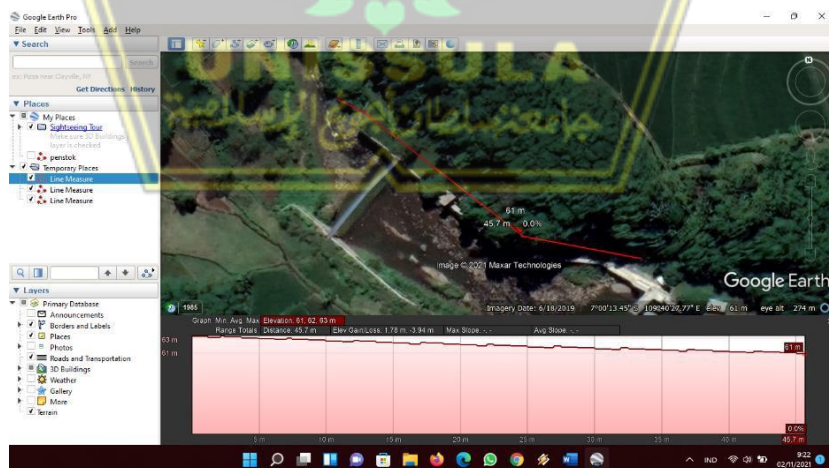
$Panjang\ penstok = p\ penstok\ lurus + p\ penstok\ miring$

Berikut ialah bagian 1 pada jalur pipa pesat yang direncanakan pada titik awal bagian 1 mempunyai ketinggian 63 m seperti pada gambar 4.21.



Gambar 4.21 Jalur pipa pesat bagian 1

Pada titik akhir bagian 1 mempunyai ketinggian 61 meter sehingga ketinggian pada bagian 1 ialah 2 meter dan mempunyai panjang lintasan sepanjang 45,7 meter seperti pada gambar 4.22.



Gambar 4.22 Jalur pipa pesat bagian 1

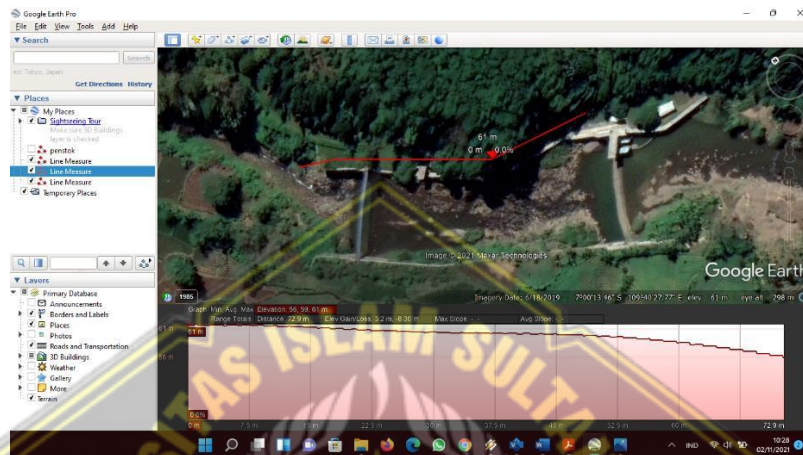
$$penstok\ miring\ 1 = \sqrt{panjang\ lintasan^2 + tinggi\ penstok^2}$$

$$penstok\ miring\ 1 = \sqrt{45,7^2 + 2^2}$$

$$\text{penstok miring } 1 = \sqrt{2092,49}$$

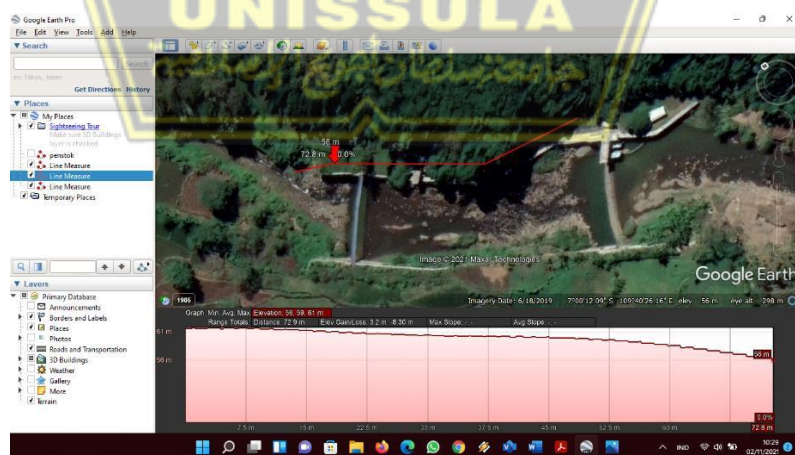
$$\text{penstok miring } 1 = 45,74 \text{ m}$$

Berikut ialah bagian 2 pada jalur pipa pesat yang di rencanakan, pada titik awal bagian 2 mempunyai ketinggian 61 m seperti pada gambar 4.23.



Gambar 4.23 Jalur pipa pesat bagian 2

Pada titik akhir bagian 2 mempunyai ketinggian 56 meter sehingga ketinggian pada bagian 2 ialah 5 meter dan mempunyai panjang lintasan sepanjang 72,9 meter seperti pada gambar 4.24.



Gambar 4.24 Jalur pipa pesat bagian 2

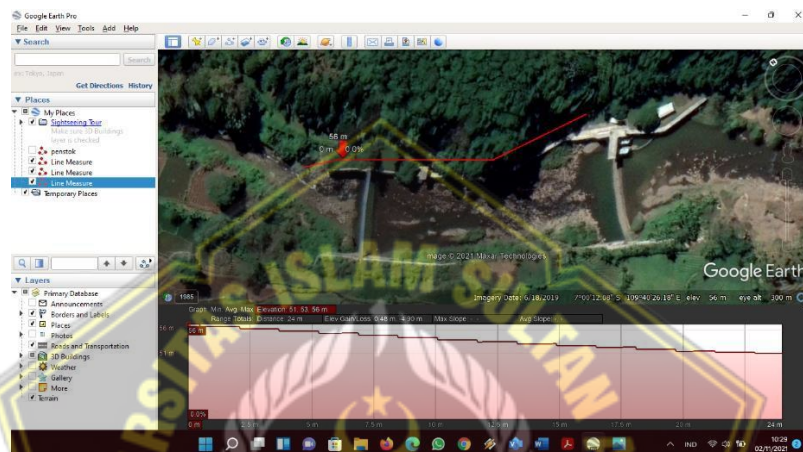
$$\text{penstok miring } 2 = \sqrt{\text{panjang lintasan}^2 + \text{tinggi penstok}^2}$$

$$\text{penstok miring } 2 = \sqrt{72,9^2 + 5^2}$$

$$\text{penstok miring } 2 = \sqrt{5339,41}$$

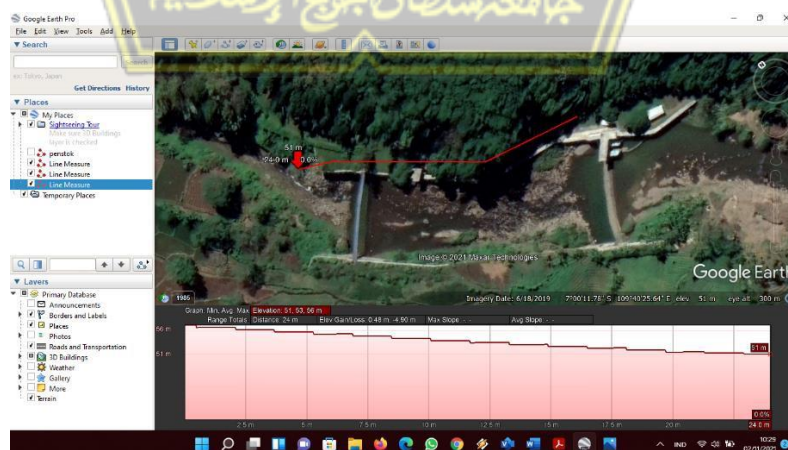
$$\text{penstok miring } 2 = 73,07 \text{ m}$$

Berikut ialah bagian 3 pada jalur pipa pesat yang di rencanakan, pada titik awal bagian 2 mempunyai ketinggian 56 m seperti pada gambar 4.25.



Gambar 4.25 Jalur pipa pesat bagian 3

Pada titik akhir bagian 3 mempunyai ketinggian 52 meter sehingga ketinggian pada bagian 3 ialah 4 meter dan mempunyai panjang lintasan sepanjang 24 meter seperti pada gambar 4.26.



Gambar 4.26 Jalur pipa pesat bagian 3

$$\text{penstok miring 3} = \sqrt{\text{panjang lintasan}^2 + \text{tinggi penstok}^2}$$

$$\text{penstok miring 3} = \sqrt{24^2 + 4^2}$$

$$\text{penstok miring 3} = \sqrt{592}$$

$$\text{penstok miring 3} = 24,33 \text{ m}$$

Jadi panjang keseluruhan dari 3 bagian pipa pesat tersebut ialah

$$\text{Panjang penstok} = p \text{ penstok lurus} + p \text{ penstok miring}$$

$$\text{Panjang penstok} = 0 + 45,74 + 73,07 + 24,33$$

$$\text{Panjang penstok} = 143,14 \text{ m}$$

Kecepatan air dalam penstok

$$V_p = 0,125 \sqrt{2 \times g \times h}$$

$$V_p = 0,125 \sqrt{2 \times 9,8 \times 11}$$

$$V_p = 0,125 \sqrt{215,6}$$

$$V_p = 1,84 \text{ m/s}$$

Diameter penstok

$$D = \sqrt{\frac{4Q_p}{V_p}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 1,8}{3,14 \times 1,84}}$$

$$D = 1,1 \text{ m}$$

Penampang penstok

$$A_p = \frac{Q_p}{V_p}$$

$$A_p = \frac{1,8}{1,84} = 0,97 \text{ m}^2$$

Ketebalan minimal penstok

$$t_{min} = \frac{508+D}{400}$$

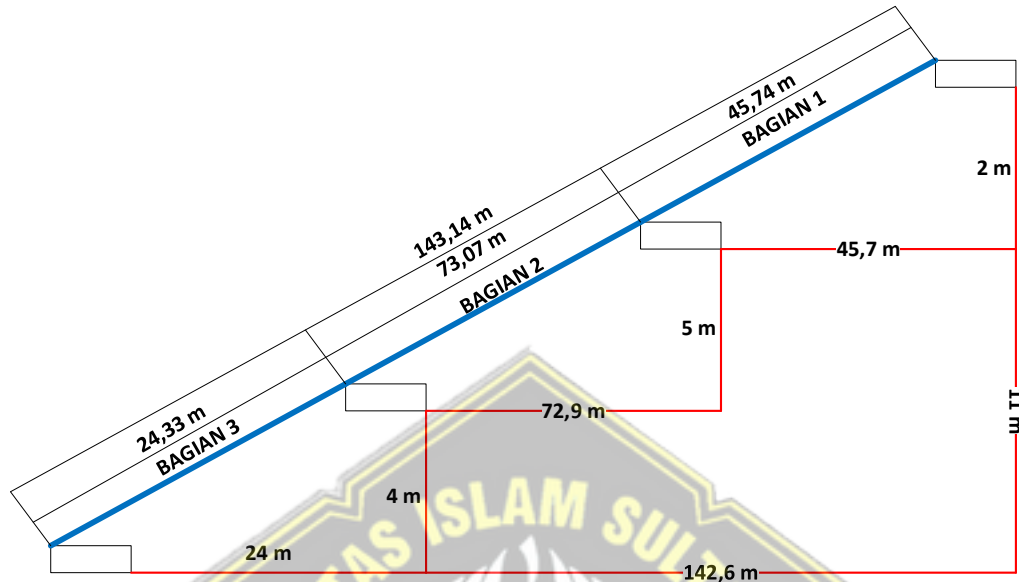
$$t_{min} = \frac{508+1100}{400} = 4,02 \text{ mm}$$

Rugi Head dalam pipa pesat akibat gesekan air

$$H_{Lfp} = 10,29 \frac{n^2 Q^2 L}{D^{5,3}}$$

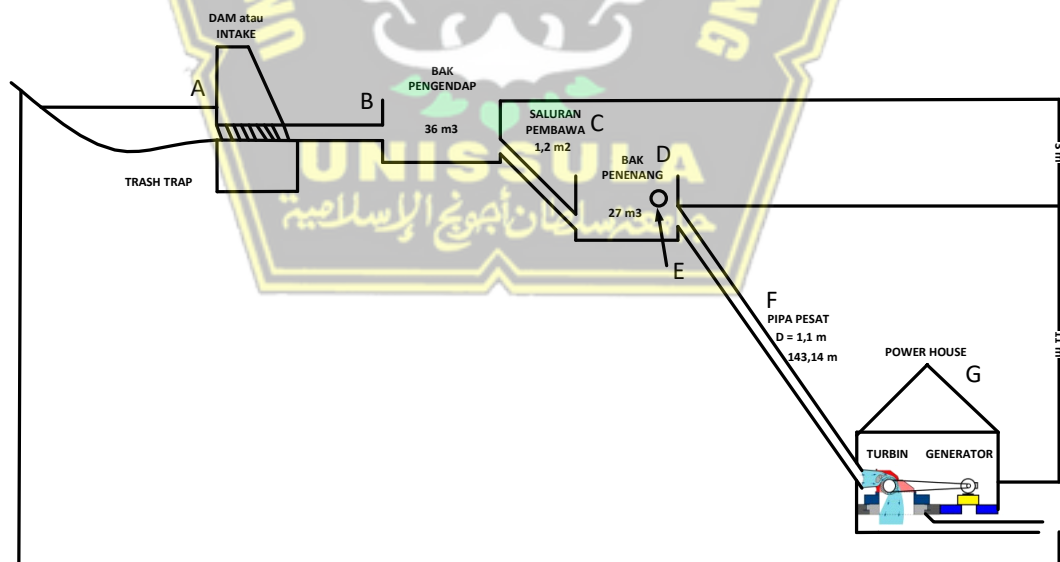
$$H_{Lfp} = 10,29 \frac{0,009^2 1,8^2 143,14}{1,1^{5,3}} = 0,23 \text{ m}$$

Untuk desain dari bak penenang sendiri seperti pada gambar 4.27.



Gambar 4.27 Desain dari pipa pesat

Untuk diagram satu bidang secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 4.28.



Gambar 4.28 Diagram 1 bidang perencanaan

Dengan debit rencana sebesar $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$ serta volume bak pengendap sebesar 36 m^3 dan volume bak penenang sebesar 27 m^3 . Maka secara perhitungan bak penenang dapat habis airnya jika tidak di suplai air selama

15 detik sedangkan bak pengendap akan habir airnya jika tidak di suplai air selama 20 detik. Sehingga dapat di simpulkan bahwa dengan debit andalan yang di gunakan dengan probabilitas diatas 80 persen selama setahun maka suplai air pada PLTMH yang direncanakan dapat di kategorikan layak.

4.5.6 Generator dan Turbin

Berdasarkan debit dan ketinggian maka penggunaan turbinnya ialah menggunakan turbin *crossflow*

Untuk kecepatan spesifik turbin air *crossflow* (Kpordze & wamick) dapat dihitung dengan persamaan:

$$N_s = \frac{513,25}{H^{0,505}} = \frac{513,25}{11^{0,505}} = 152,9$$

Untuk kecepatan turbin dapat dihitung dengan persamaan:

$$N = \frac{N_s H^{5/4}}{\sqrt{P}} = \frac{152,9(11^{5/4})}{\sqrt{137,4}} = 261,3 \text{ rpm}$$

Generator yang akan dipakai generator 3 fasa, untuk besar generator yang digunakan ialah didasarkan pada perhitungan prakiraan daya yang menghasilkan daya sebesar 114,49 kW dengan mengasumsikan $\cos \phi$ ialah 0,8 maka kapasitas semu generator ialah:

$$S = \frac{P}{\cos \phi} = \frac{114490}{0,8} = 143,11 \text{ kVA}$$

Pada perencanaan PLTMH akan menggunakan generator 3 fasa maka arus maksimal generator ialah:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} V} = \frac{143110}{\sqrt{3} 400} = 206,56 \text{ A}$$

Kemudian untuk toleransi generator, maka dari 143,11 kVA ditambahkan 10 %, yaitu menjadi 157,4 kVA. Dan menyesuaikan ketersediaan generator di pasaran maka kapasitas generator yang dipakai adalah generator 3 fasa sebesar 187,5 kVA, dan karena menggunakan frekuensi 50 Hz maka kecepatan generator yang digunakan 1500 rpm dengan 4 pole, dengan tegan 400 V dan arus 270,6 A.

4.5.7 Power House

Bedasarkan hasil survei di lapangan *power house* akan di tempatkan pada bagian samping sungai seperti pada gambar 4.29.



Gambar 4.29 Letak power house

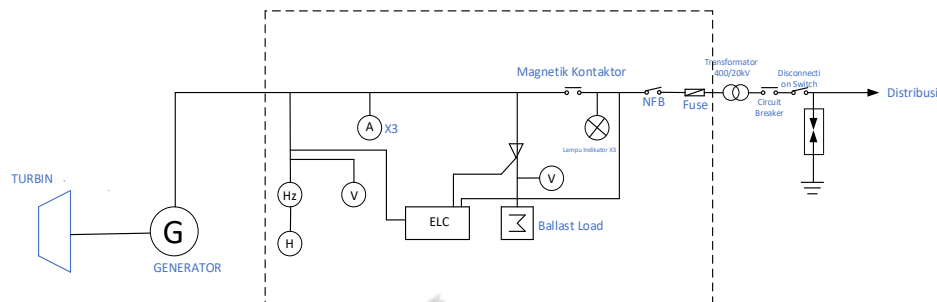
Untuk pengaturan tata letak dari komponen power house sendiri akan di tempatkan seperti pada gambar 4.30.



Gambar 4.30 Power House

Pada power house air yang masuk ke turbin kemudian menggerakkan turbin yang kemudian digunakan untuk menggerakkan generator melalui belt. Listrik yang dihasilkan akan di kontrol dan diamankan di panel kontrol kemudian dilengkapi dengan ballast load yang berguna untuk menstabilkan tegangan dan frekuensi karena dampak pemanfaatan energi listrik dari

konsumen. Desain dari panel listriknya sendiri akan dibuat seperti gambar 4.31.



Gambar 4.31 Panel Kontrol

Dan terdapat transformator yang digunakan untuk menaikkan tegangan ke tegangan menengah sebesar 20 kV untuk lebih memudahkan transmisi agar arusnya menjadi lebih kecil.

Jika arus sebelumnya sebesar 206,56 ampere dalam 400 volt maka jika di naikan ketegangan 20 kV menjadi

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} V} = \frac{143110}{\sqrt{3} 20000} = 4,13 A$$

Dengan arus yang lebih kecil dapat mempermudah distribusi listrik yang dilakukan serta menghemat dari segi pemilihan penghantar distribusi listrik.

Perencanaan PLTMH yang dilakukan pada Bendung Simbang dirancang dengan menggunakan data dan survei lokasi yang dilakukan di lapangan dan berada di sepanjang tepi sungai di Bendung simbang, mulai dari pintu air *intake* hingga *power house*. Dimulai dari pintu air yang mempunyai ketinggian 1 meter dan lebar 1,01 meter, kemudian menuju *setting basin* yang mempunyai ukuran 20 kali dari besar debit air intake yaitu sebesar 36 m³ dengan panjang 8 meter, lebar 3 meter dan kedalaman 1,5 meter. Kemudian air menuju ke saluran pembawa yang mempunyai lebar 0,8 dan kedalaman 1,5 meter untuk disalurkan ke bak penenang yang mempunyai ukuran 15 kali dari besar debit intake kemudian air mengalir disalurkan

melalui pipa pesat sepanjang 143,14 meter dengan diameter 1,1 meter. Dan jika air dalam bak penenang berlebih maka akan dibuang melalui saluran pelimpah, air mengalir melalui pipa pesat yang kemudian disalurkan menuju turbin yang digunakan untuk menjalankan generator.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Bendung Simbang untuk merencanakan PLTMH dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengukuran debit yang dilakukan di dua tempat di sekitar Bendung Simbang menghasilkan rata-rata debit sebesar $3,67 \text{ m}^3/\text{s}$ yang kemudian di bandingkan dengan data debit air di Bendung Tapak Menjangan pada akhir Oktober yang masih dalam satu sungai, data tersebut tidak berbeda jauh. Dan untuk perencanaan PLTMH di gunakan debit andalan pada bendung tapak menjangan dalam siklus satu tahun dengan probabilitas 86% sebesar $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$.
2. Berdasarkan Hasil Pengukuran menggunakan Google Earth dapat di tentukan ketinggian headnet yang digunakan untuk jalur pipa pesat mempunyai ketinggian 11 meter.
3. Berdasarkan besar debit dan ketinggian headnet dapat ditentukan menggunakan jenis turbin crossflow, dan dapat di hitung besar prakiraan daya terbangkit sebesar 114,49 kW dengan kapasitas generator 187,5 kVA.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Sugiharto, "PLTMH Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik Ramah Lingkungan," *Swara Patra, E-Jurnal PPSDM Migas, Kementerian. ESDM RI*, vol. 8 (1), pp. 107–118, 2018, [Online]. Available: <http://ejurnal.ppsdmmigas.esdm.go.id/sp/index.php/swarapatra/article/view/21>.
- [2] S. Soewono, J. Pantouw, and S. Azzahra, "Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Wilayah Jawa-Bali Tahun 2017-2036 Dengan Gabungan Metode Analitis, Ekonometri, Dan Kecenderungan," *E J. Sekol. Tinggi Tek.*, vol. 9, 2017.
- [3] M. S. Boedoyo, "Penerapan Teknologi Untuk Mengurangi Emisi Gas Rumah Kaca," *J. Teknol. Lingkung.*, vol. 9, no. 1, pp. 9–16, 2011, doi: 10.29122/jtl.v9i1.438.
- [4] A. Sugiyono, "Penanggulangan Pemanasan Global Di Sektor Pengguna Energi," *J. Sains Teknol. Modif. Cuaca*, vol. 7, no. December 2006, pp. 15–19, 2006.
- [5] S. I. K. ESDM, "Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Ketenagalistrikan, Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi," Jan. 30, 2021. <https://p3tkebt.esdm.go.id/news-center/arsip-berita/peta-potensi-energi-hidro-indonesia-2020> (accessed Sep. 10, 2021).
- [6] M. Insan Pangestu, "Studi Potensi Daya Listrik Bendungan Gerak Bojonegoro untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)," *E Print Univ. Muhamadiyah Surakarta*, 2019.
- [7] M. D. T. Sogen and V. N. Van Harling, "Studi Perencanaan Pembangunan Pltmh Di Kampung Sasnek Distrik Sawiat Kabupaten Sorong Selatan Provinsi Papua Barat," *J. ELECTRO LUCEAT*, vol. 3, p. 140, 2018.
- [8] M. Ahmad Farid, "Studi Potensi Dan Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Di Sungai Guci Kabupaten Tegal," *Eng. J. Bid. Tek.*, vol. 3, pp. 148–162, 2012.
- [9] Purwanto, *Listrik Dari Mikrohidro Dalam Konteks Pengembangan Energi*

Terbarukan Di Indonesia. Jakarta: LIPI Press, 2017.

- [10] P. T. D. Rompas, “Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh) Pada Daerah Aliran Sungai Ongkak Mongondow Di Desa Muntoi Kabupaten Bolaang Mongondow,” *J. Penelit. Saintek*, vol. 16, 2011.
- [11] Z. Syofyan and I. Laia, “Analisa Perencanaan Pltmh Pada Sungai Batang Palangai Gadang Kabupaten Pesisir Selatan Provinsi Sumatera Barat,” *MENARA ILMU*, vol. XII, no. 10, 2018.
- [12] D. Nugroho, A. Suprajitno, and G. Gunawan, “Desain Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Air Terjun Kedung Kayang,” *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 13, no. 3, p. 161, 2017, doi: 10.17529/jre.v13i3.8554.
- [13] B. A. Nasir, “Suitable Selection of Components for the Micro-Hydro-Electric Power Plant,” *Horiz. Res. Publ.*, vol. 2, no. 1, pp. 7–12, 2014, doi: 10.13189/aep.2014.020102.
- [14] Dr. Supari, *Prakiraan Musim Hujan 2021/2022*. Jakarta: BMKG, 2021.

