

**PENGUJIAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
MIKRO HIDRO (PLTMH) MENGGUNAKAN TURBIN TIPE
*CROSS-FLOW***



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
pendidikan diploma tiga (D-3) Program Studi Teknik Konversi Energi
Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Ujung Pandang

NUR APIQAH AKBAR

342 20 003

MUH. ALIF FATA HILLA T.

342 20 024

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2023**


HALAMAN PENGESAHAN


Laporan tugas akhir dengan judul “Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Menggunakan Turbin Tipe *Cross-Flow*” oleh oleh Nur Apiqah Akbar NIM 342 20 003 dan Muh. Alif Fata Hilla T. NIM 342 20 024 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada Program Studi D3 Teknik Konversi Energi Jurusan Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, Agustus 2023

Mengetahui
Pembimbing I,

Mengetahui
Pembimbing II,


Musrady Mulyadi, S.ST., M.T.
NIP. 19720201 200112 1 002


Sri Suwasti, S.ST., M.T.
NIP. 19741123 200112 2 001

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin,



Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T.
NIP. 19680105 199403 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

Pada hari ini, Jum'at tanggal 18 Agustus 2023, tim penguji laporan tugas akhir telah menerima hasil ujian sidang laporan tugas akhir oleh mahasiswa Nur Apiqah Akbar NIM 342 20 003 dan Muh. Alif Fata Hilla T. NIM 342 20 024 dengan judul “Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Menggunakan Turbin Tipe *Cross-Flow*”.

Makassar, Agustus 2023

Tim Penguji Ujian Laporan Tugas Akhir :

- | | | |
|--|---------------|---------|
| 1. Apollo, S.T., M.Eng. | Ketua | (.....) |
| 2. Sonong, S.T., M.T. | Sekretaris | (.....) |
| 3. Nur Rahmah H. Anwar, S.T., M.T. | Anggota I | (.....) |
| 4. Prof. A. M Shiddiq Yunus, S.T., M.Eng.Sc. Ph.D. | Anggota II | (.....) |
| 5. Musrady Mulyadi, S.ST., M.T. | Pembimbing I | (.....) |
| 6. Sri Suwasti, S.ST., M.T. | Pembimbing II | (.....) |

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat Rahmat dan Karunia-Nyalah semata sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir penulis yang berjudul “Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Menggunakan Turbin Tipe *Cross-Flow* “. Tugas akhir ini disusun sebagai persyaratan kelulusan pada Program Studi Teknik Konversi Energi Diploma-3 Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis banyak mendapat saran, dorongan, dukungan serta keterangan-keterangan dari berbagai pihak yang merupakan pengalaman yang tidak dapat diukur secara materi. Oleh karena itu, dengan segala hormat dan kerendahan hati perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ayahanda dan Ibunda yang tercinta dan seluruh keluarga yang telah memberikan bantuan baik material maupun moral sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang, Ir. Ilyas Mansur, M.T.
3. Bapak Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T. selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Ibu Sri Suwasti, S.ST., M.T. selaku koordinator Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Bapak Musrady Mulyadi, S.ST., M.T selaku dosen pembimbing I dan Ibu

Sri Suwasti, S.ST., M.T. selaku dosen pembimbing II yang telah banyak membantu dan membimbing dalam mengerjakan tugas akhir ini.

6. Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2020 khususnya kelas 3A Teknik Konversi Energi atas kebersamaan dan kerjasama selama ini.
7. Seluruh teman-teman dan sahabat yang telah memberikan motivasi.
8. Semua pihak yang terlibat, tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa dalam tugasakhir ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu penulis mohon maaf dan sangat mengharapkan kritik serta masukan yang bersifat membangun bagi penulis.

Akhir kata semoga dapat bermanfaat bagi penulis, institusi pendidikan dan masyarakat luas. Aamiin Ya Rabbal Alamiin.

Makassar, Agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SIMBOL	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
SURAT PERNYATAAN.....	xiv
RINGKASAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
2.1 Latar Belakang.....	1
2.2 Rumusan Masalah	3
2.3 Ruang Lingkup Kegiatan.....	3
2.4 Tujuan Kegiatan	4
2.5 Manfaat Kegiatan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pembangkitan Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)	5
2.1.1 Klasifikasi Pembangkitan Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) ...	6

2.1.2 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)	8
2.2 Turbin Air.....	9
2.2.1 Jenis-Jenis Turbin Air.....	9
2.3 Generator	16
2.4 Standar Pengujian.....	16
BAB III METODE KEGIATAN.....	18
3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan	18
3.2 Alat dan Bahan	18
3.2.1 Alat.....	18
3.2.2 Bahan	20
3.3 Prosedur Penelitian.....	21
3.3.1 Studi Literatur.....	21
3.3.2 Tahap Perancangan	21
3.3.3 Tahap Perakitan	23
3.4 Teknik Pengumpulan Data.....	23
3.5 Pengujian Alat.....	23
3.6 Teknik Analisis Data.....	24
3.7 Diagram Alir	25
3.8 Gambar Desain	26
BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN	28
4.1 Hasil Kegiatan.....	28
4.1.1 Hasil Perancangan	28
4.1.2 Perakitan Turbin <i>Cross-flow</i>	29
4.1.3 Perakitan Sistem Pemipaan	29

4.1.4 Perakitan Sistem Kelistrikan	30
4.1.5 Pengujian PLTMH	32
4.1.6 Analisis Data	33
4.2 Deskripsi Hasil Kegiatan	43
BAB V PENUTUP	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	56
Lampiran 1 Tabel Data Hasil Pengujian	57
Lampiran 2 Tabel Hasil Analisis Data	63
Lampiran 3 Dokumentasi Kegiatan	67



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Turbin Francis	10
Gambar 2.2 Aspek-Aspek dalam Menyusun Studi Kelayakan Pembangunan PLTMH	17
Gambar 3. 1 Instalasi Pengujian PLTMH.....	22
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 3. 3 Desain PLTMH	26
Gambar 3. 4 Dimensi PLTMH.....	27
Gambar 3. 5 Tampak Depan dan Samping PLTMH	27
Gambar 4. 1 Turbin <i>cross-flow</i> dengan Bahan Plat.....	29
Gambar 4. 2 Instalasi Pemipaan.....	30
Gambar 4. 3 Instalasi Lampu Beban Sistem DC (Lampu LED).....	30
Gambar 4. 4 Instalasi Lampu Beban Sistem AC (Lampu Pijar)	31
Gambar 4. 5 Rangkaian Listrik Arus AC.....	31
Gambar 4. 6 Rangkaian Listrik Arus DC.....	31
Gambar 4. 7 Pengujian PLTMH Tanpa Beban	32
Gambar 4. 8 Pengujian PLTMH Kondisi Berbeban.....	32
Gambar 4. 9 Grafik Hubungan Debit Air dengan Putaran Puli Generator, Putaran Poros Turbin dan Tegangan Generator	43
Gambar 4. 10 Grafik Hubungan Waktu Operasi dengan Putaran Generator dan Tegangan Generator pada Debit Berfluktuasi Sekitar 0,016 m ³ /s.....	44
Gambar 4. 11 Grafik Hubungan Waktu Operasi dengan Putaran Generator dan Tegangan Generator pada Debit Berfluktuasi Sekitar 0,02 m ³ /s.....	45

Gambar 4. 12 Grafik Hubungan Waktu Operasi dengan Putaran Generator dan Tegangan Generator pada Debit Berfluktuasi Sekitar 0,027 m ³ /s.....	46
Gambar 4. 13 Grafik Hubungan Waktu Operasi Terhadap Tegangan, Arus dan Daya dengan Beban Tegangan DC pada Debit Berfluktuasi Sekitar 0,016 m ³ /s	47
Gambar 4. 14 Grafik Hubungan Waktu Operasi Terhadap Tegangan, Arus dan Daya dengan Beban Tegangan DC pada Debit Berfluktuasi Sekitar 0,02 m ³ /s	48
Gambar 4. 15 Hubungan Waktu Operasi Terhadap Tegangan, Arus, Daya, dan Efisiensi Sistem dengan Beban Lampu AC 15 W, 30 W dan 45W pada Debit Berfluktuasi sekitar 0,025 m ³ /s.....	49
Gambar 4. 16 Hubungan Waktu Operasi Terhadap Tegangan, Arus, Daya, dan Efisiensi Sistem dengan Beban Lampu AC 40 W, 80 W dan 120 W pada Debit Berfluktuasi Sekitar 0,025 m ³ /s.....	50
Gambar 4. 17 Hubungan Waktu Operasi Terhadap Tegangan, Arus, Daya, dan Efisiensi Sistem dengan Beban Lampu AC 15 W, 40 W dan 80 W pada Debit Berfluktuasi Sekitar 0,025 m ³ /s.....	51



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi Turbin Air Terhadap Tinggi <i>Head</i>	6
Tabel 3. 1 Alat-Alat yang Digunakan pada Proses Pengujian	18
Tabel 3. 2 Bahan-Bahan yang Digunakan pada Proses Pengujian	20
Tabel 4. 1 Data Hasil Pengujian Tanpa beban	35
Tabel 4. 2 Hasil Data Pengujian berbeban DC Dengan Debit Bervariasi	38
Tabel 4. 3 Hasil Analisis Pengujian Bebeban 15 W, 30 W, dan 45 W pada Debit Berfluktuatif.....	41
Tabel 4. 4 Hasil Analisis Pengujian Berbeban 40 W, 80 W, dan 120 W pada Debit Berfluktuatif.....	41
Tabel 4. 5 Hasil Analisis Pengujian Berbeban 15 W, 40 W, dan 80 W pada Debit Berfluktuatif.....	42



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Satuan	Keterangan
Q	m^3/s	Debit air
V	Volt	Tegangan
I	Ampere	Arus
P	Watt	Daya
V	m^3	Volume air
T	detik	Waktu
V	m/s	Kecepatan aliran
η	%	Efisiensi
g	m/s^2	Gravitasi
P_{in}	Watt	Daya masuk
P_{out}	Watt	Daya keluar
H	m	Tinggi jatuh air
N_T	rpm	Kecepatan Turbin
N_G	rpm	Kecepatan Generator

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data-Data Hasil Pengujian	60
Lampiran 2. Data-Data Hasil Pengamatan	63
Lampiran 3. Dokumentasi Kegiatan	65



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nur Apiqah Akbar

NIM : 342 20 003

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul **“Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Menggunakan Turbin Tipe *Cross-Flow*”** merupakan gagasan, hasil karya sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, Agustus 2023



Nur Apiqah Akbar
NIM. 342 20 003

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muh. Alif Fata Hilla T.

NIM : 342 20 020

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul **“Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Menggunakan Turbin Tipe *Cross-Flow*”** merupakan gagasan, hasil karya sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, Agustus 2023



Muh. Alif Fata Hilla T.
NIM. 342 20 024

PENGUJIAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH) MENGGUNAKAN TURBIN TIPE CROSS-FLOW

RINGKASAN

PLTMH merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan pemenuhan energi listrik yang belum tersebar secara merata ke daerah pelosok di Indonesia. Namun sebelum PLMH dibangun secara permanen, tentunya diperlukan pengujian lapangan menggunakan model atau *Prototype* untuk mendapatkan data di lokasi tersebut serta menguji keandalannya dan menambah wawasan tentang PLTMH sebelum dibangun sebagai pembangkit energi listrik di daerah tersebut.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui cara kerja sistem PLTMH tipe turbin *Cross-flow*. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui besarnya daya *output* dan efisiensi dari sistem PLTMH turbin *Cross-flow*. Pengujian ini diawali dengan perancangan alat uji lapangan, lalu dilanjutkan dengan tahap pembuatan dan perakitan, kemudian dilakukan pengujian alat dan pengambilan data, dan kemudian data dianalisis untuk mengetahui daya *output* dan efisiensi dari sistem PLTMH dengan turbin *Cross-flow*.

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa pengujian dilakukan dengan memperhitungkan parameter seperti debit air, *head*, daya *input* turbin daya *output* generator, dan efisiensi sistem PLTMH. Efisiensi tertinggi yang didapatkan adalah pada kondisi berbeban bervariasi dengan debit berfluktuasi sekitar 0,025 m³/s yakni 1,39% pada beban 80 W. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa variasi head dan debit mempengaruhi efisiensi sistem PLTMH.

BAB I PENDAHULUAN

2.1 Latar Belakang

Berdasarkan kebijakan energi, target bauran Energi Baru Terbarukan (EBT) sebesar 23% pada tahun 2025 dan mengupayakan 31% pada tahun 2050 mendatang. Kebijakan energi nasional ini diperkuat dengan keputusan pemerintah yang menerbitkan Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) 2017, yang menyatakan bahwa kapasitas pembangkit listrik EBT sebesar 45,2 GW pada tahun 2025 dan 167,7 GW pada tahun 2050. Tahun 2021 pengembangan EBT menjadi pembangkit listrik hanya 386 MW hanya menyumbangkan sekitar 13% saja.

Upaya meningkatkan pencapaian target bauran EBT dapat dilakukan dengan mengembangkan potensi sumber daya yang ada disekitar, salah satunya adalah air, yang dapat dimanfaatkan menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Dalam penelitian kali ini PLTA yang digunakan menyesuaikan lingkungan setempat, yaitu di sungai yang berada di Kabupaten Maros, Prov. Sulawesi Selatan. Skala PLTA yang cocok digunakan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH).

PLTMH adalah salah satu alat konversi energi alternatif yang dapat dikembangkan dalam upaya meningkatkan peran dan potensi Sumber Energi Setempat (SES). Potensi energi air ini dapat dikembangkan mengingat di wilayah dusun Tombolo, desa Tompobulu, kecamatan Tompobulu, Kabupaten Maros, Prov. Sulawesi Selatan terdapat beberapa potensi air yang dapat dimanfaatkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH).

Turbin air dapat diartikan sebagai suatu mesin penggerak dimana fluida kerjanya adalah air. Berdasarkan prinsip kerja turbin (momentum fluida kerjanya) dalam mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis (Mafruddin & Marsuki, 2017).

Pemakaian jenis turbin *cross-flow* lebih menguntungkan dibanding dengan penggunaan kincir air maupun jenis turbin mikrohidro lain. Salah satu contohnya adalah daya guna atau efisiensi rata-rata turbin ini lebih tinggi dari pada daya guna kincir air. Hasil pengujian laboratorium yang dilakukan oleh pabrik turbin Ossberger menyimpulkan bahwa daya guna kincir air jenis yang paling unggul sekalipun hanya mencapai 70% sedangkan efisiensi turbin *cross flow* mencapai 82%. Tingginya efisiensi turbin *cross flow* ini akibat pemanfaatan energi air pada turbin ini dilakukan dua kali, yang pertama energi tumbukan air pada sudu-sudu saat air mulai masuk, dan yang kedua adalah daya dorong air pada sudu-sudu saat air akan meninggalkan runner. Kerja air yang bertingkat ini ternyata memberikan keuntungan dalam hal efektifitas yang tinggi dan kesederhanaan pada sistem keluaran air dari runner (Pratilastiarso & Hamka, 2016).

Penelitian PLTMH Turbin *Cross flow* telah diuji sebelumnya di Lab. Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang pada tahun 2022 yang berjudul “Rancang Bangun *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Tipe Turbin *Cross Flow*” oleh Muammar Abidin dan Muh Tirta Radani dengan efisiensi yang didapatkan sebesar 2,329% pada kondisi berbeban bukaan sudu pengarah bervariasi dengan selisih sudu putaran 5 derajat dan pada bukaan sudu pengarah tetap dengan beban bervariasi diperoleh efisiensi sebesar 4,148% untuk

beban 20 Watt, 3,999% untuk beban 40 Watt dan 3,679% untuk beban 60 Watt. Berdasarkan pengujian tersebut, maka kami akan melakukan pengujian lapangan yang bertempat di dusun Tombolo, desa Tompobulu, kecamatan Tompobulu, Kabupaten Maros, Prov. Sulawesi Selatan. Hal tersebut yang mendasari kami untuk mengangkat judul “**Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Menggunakan Turbin Tipe *Cross-Flow***”.

2.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan diatas, maka rumusan masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana daya output yang dihasilkan dari turbin *cross flow* pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)?
2. Bagaimana efisiensi sistem turbin *cross flow* pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)?

2.3 Ruang Lingkup Kegiatan

1. Sistem PLTMH dengan turbin *cross flow* di dusun Tombolo, desa Tompobulu, kecamatan Tompobulu, Kabupaten Maros, Prov. Sulawesi Selatan.
2. Menggunakan parameter tegangan dan arus.
3. Menghitung daya hidrolis, daya output, dan efisiensi sistem PLTMH secara keseluruhan.

2.4 Tujuan Kegiatan

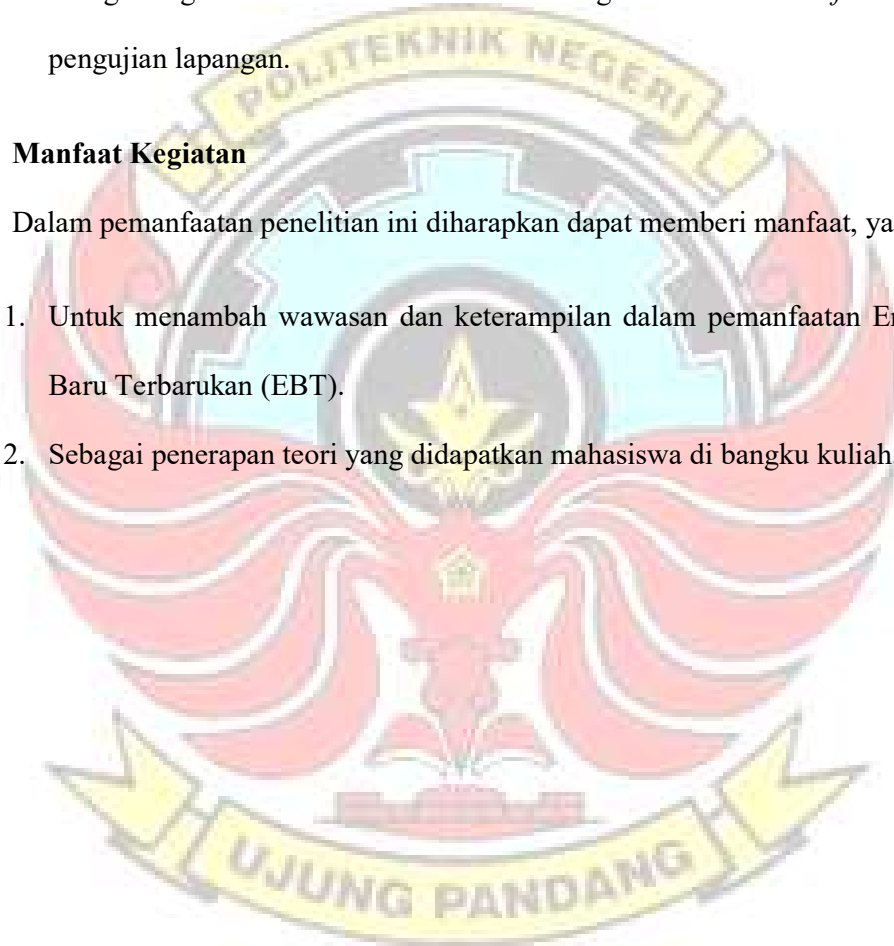
Adapun tujuan dari kegiatan ini yaitu:

1. Menghitung daya output yang dihasilkan oleh turbin *cross flow* pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH).
2. Menghitung efisiensi sistem PLTMH dengan turbin *cross flow* saat pengujian lapangan.

2.5 Manfaat Kegiatan

Dalam pemanfaatan penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat, yaitu:

1. Untuk menambah wawasan dan keterampilan dalam pemanfaatan Energi Baru Terbarukan (EBT).
2. Sebagai penerapan teori yang didapatkan mahasiswa di bangku kuliah.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkitan Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Mikrohidro atau yang dimaksud dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti, saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) dan jumlah debit air. Mikrohidro merupakan sebuah istilah yang terdiri dari kata mikro yang berarti kecil dan hidro yang berarti air. Secara teknis, mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu air (sebagai sumber energi), turbin dan generator. Mikrohidro mendapatkan energi dari aliran air yang memiliki perbedaan ketinggian tertentu.

Pada dasarnya, mikrohidro memanfaatkan energi potensial jatuhnya air (*head*). Semakin tinggi jatuhnya air maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Di samping faktor geografis (tata letak sungai), tinggi jatuhnya air dapat pula diperoleh dengan membendung aliran air sehingga permukaan air menjadi tinggi. Air dialirkan melalui sebuah pipa pesat ke dalam rumah pembangkit yang pada umumnya dibangun di bagian tepi sungai untuk menggerakkan turbin atau kincir air mikrohidro. Energi mekanik yang berasal dari putaran poros turbin akan diubah menjadi energi listrik oleh sebuah generator.

Pembangkit tenaga air merupakan suatu bentuk perubahan tenaga dari tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik, dengan

menggunakan turbin air dan generator. Bentuk pembangkit tenaga mikro hidro bervariasi, tetapi prinsip kerjanya adalah sama, yaitu: “Perubahan tenaga potensial menjadi tenaga elektrik (listrik)”. Perubahan memang tidak langsung, tetapi berturut-turut melalui perubahan sebagai berikut:

- Tenaga potensial menjadi tenaga kinetik
- Tenaga kinetik menjadi tenaga mekanik
- Tenaga mekanik menjadi tenaga listrik

Tenaga potensial adalah tenaga air karena berada pada ketinggian. Energi kinetik adalah tenaga air karena mempunyai kecepatan. Tenaga mekanik adalah tenaga kecepatan air yang terus memutar kincir/turbin. Tenaga listrik adalah hasil dari generator yang berputar akibat berputarnya kincir/turbin. (Ma’Ali,2017)

2.1.1 Klasifikasi Pembangkitan Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

1. Berdasarkan *head*

Tabel 2. 1 Klasifikasi Turbin Air Terhadap Tinggi *Head*

Jenis Turbin	Variasi <i>Head</i> (m)
Kaplan dan Propeller	$2 < H < 20$
Francis	$10 < H < 3500$
Pelton	$50 < H < 1000$
<i>Cross-Flow</i>	$6 < H < 100$

Jenis Turbin	Variasi Head (m)
Turgo	50<H< 250

Sumber: (Dietzel, 1989)

2. Berdasarkan kapasitas

- PLTA piko : < 500 W
- PLTA mikro : 0,5-100 kW
- PLTA mini : 100-1000 kW
- PLTA kecil : 1-10 mW
- PLTA skala penuh : > 10 Mw

3. Berdasarkan Jenis Desain

- *Run-Of-The-River* Bentuk yang paling sederhana dalam konteks PLTA mikro dan mini. Desain ini tidak memanfaatkan bendungan untuk mengarahkan air ke bangunan penyadap, melainkan mengubah jalur aliran air menuju turbin melalui pipa atau penstock.
- Sistem Penyimpanan Dalam penggunaan sistem ini. Air ini akan disimpan terlebih dahulu dalam jangka waktu tertentu (beberapa jam atau dalam beberapa bulan) dan akan digunakan untuk menghasilkan energi ketika dibutuhkan. (Dalam pengertiannya air dimasukkan dalam wadah sehingga dalam kurun waktu tertentu, volume air yang mula-mula sedikit akan meningkat. Dengan bertambah besarnya volume air yang tersimpan akan menambah besarnya energi air.

- Sistem Pompa Penyimpanan Ketika terjadi kebutuhan listrik yang rendah atau kelebihan kebutuhan listrik secara tiba-tiba, maka pompa secara otomatis akan mengisi penuh tangki penyimpanan. Namun, apabila terjadi lonjakan kebutuhan listrik yang tinggi, maka tangki akan segera dikosongkan menuju turbin untuk memenuhi kebutuhan produksi yang mencukupi. (Ma'Ali,2017).

2.1.2 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Menurut (Sri Sukamta dan Adhi Kusmantoro, 2013) Aliran sungai dibendung agar mendapatkan debit air (Q) dan tinggi jatuh air (H), kemudian air yang dihasilkan disalurkan melalui saluran penghantar air menuju kolam penenang, Kolam penenang dihubungkan dengan pipa pesat, dan pada bagian paling bawah dipasang turbin air. Turbin air akan berputar setelah mendapat tekanan air (P), dan perputaran turbin dimanfaatkan untuk memutar generator, Setelah mendapat putaran yang konstan maka generator akan menghasilkan tegangan listrik, yang dikirim ke konsumen melalui saluran kabel distribusi (JTM atau JTR).

Menurut (Yogi Suryo Setyo Putro, Pitojo Tri Juwono, dan Prima Hadi Wicaksono. 2012) Prinsip dasar kerja dari PLTMH adalah memanfaatkan air sungai yang diarahkan ke dalam saluran pembawa kemudian dialirkan melalui pipa pesat menuju turbin. Selepas dari turbin, air dikembalikan lagi ke aliran semula, sehingga hal ini tidak banyak mempengaruhi lingkungan atau mengurangi air untuk keperluan pertanian. Air akan dialirkan ke dalam turbin melalui sudu-

sudu *runner* yang akan memutar poros turbin. Putaran inilah yang akan memutar dan menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik.

2.2 Turbin Air

Turbin air adalah turbin dengan air sebagai fluida kerja. Air yang mengalir dari tempat tinggi menuju ke tempat yang lebih rendah mengakibatkan air memiliki energi potensial. Dalam proses aliran didalam pipa, energi potensial tersebut berangsur-angsur berubah menjadi energi kinetis dan ketika air menabrak turbin energinya berubah menjadi energi mekanis. Roda turbin dihubungkan dengan generator yang mengubah energi mekanis (gerak) menjadi energi listrik (Arismunandar, 1991:64).

2.2.1 Jenis-Jenis Turbin Air

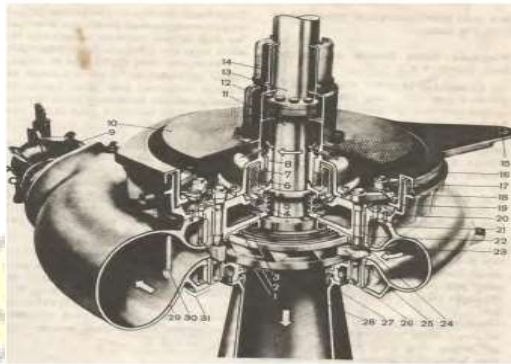
1. Turbin Impuls

Turbin impuls merupakan turbin air yang memiliki tekanan sama pada setiap sudu geraknya (*runner*). Turbin impuls bekerja dengan cara tekanan air disemburkan melalui nosel dan tekanan air menumbuk runner sehingga menimbulkan putaran pada poros turbin, contohnya adalah turbin pelton, turbin ossberger dan turbin *cross flow*.

2. Turbin Reaksi

Turbin reaksi bekerja dengan cara penggerak turbin air secara langsung mengubah energi kinetik juga energi tekanan secara bersamaan

menjadi energi mekanik, contohnya adalah turbin Francis, turbin baling-baling, turbin kaplan, dan turbin helix.



Gambar 2. 1 Turbin Francis
Sumber: Dietzel Fritz, 1992

3. Turbin *Cross Flow*

a. Pengertian

Turbin *cross flow* merupakan turbin impuls dengan tipe aliran radial. Awal pengembangan turbin *cross flow* (banki turbine) didasarkan pada teori Banki yang mematenkan konsepnya sekitar tahun 1920. Turbin *cross flow* sekarang ini sudah jarang dipakai dan digantikan oleh turbin-turbin yang lebih modern seperti turbin Pelton, Francis atau pun Kaplan. Tetapi bagaimanapun juga, turbin *cross flow* mempunyai keunggulan-keunggulan tersendiri yang tidak dimiliki turbin jenis lain (Anjar, 2003).

b. Prinsip Kerja

Turbin *cross flow* dapat dioperasikan pada debit air sebesar 20 liter/dt hingga 10.000 liter/dt dan head antara 1 m sampai 200 m. Turbin *cross flow* menggunakan nozel persegi panjang yang lebarnya sesuai dengan lebar runner. Pancaran air masuk turbin dan mengenai sudu sehingga terjadi konversi energi kinetik menjadi energi mekanik. Air mengalir keluar membentur sudu dan memberikan energinya (lebih rendah dibanding saat masuk) kemudian meninggalkan turbin. *Runner* turbin dibuat dari beberapa sudu yang dipasang pada sepasang piringan paralel (Mafrudin, 2017).

Turbin *cross flow* adalah radial, turbin bertekanan kecil dengan injeksi tangensial dari putaran kipas dengan poros horisontal. Aliran air mengalir melalui pintu masuk pipa, dan diatur oleh baling-baling pemacu dan masuk ke putaran kipas turbin. Setelah air melewati putaran kipas turbin, air berada pada putaran kipas yang berlawanan, sehingga memberikan efisiensi tambahan. Energi mekanik fluida yang akan diberikan ke turbin setelah dikurangi gesekan dan rugi-rugi lainnya yang dikenal dengan *Water Horse Power* (WHP).

c. Komponen Turbin *Cross-Flow*

1. *Runner*

Roda jalan atau yang sering disebut sebagai runner terdiri dari tiga bagian utama yaitu sudu, *shaft* (poros) dan disc yang tersusun

menjadi satu kesatuan. *Runner* pada turbin *cross-flow* biasanya berbentuk tabung memanjang. Fungsi dari *runner* ini adalah sebagai penggerak mula dari generator yang digunakan untuk membangkitkan energi listrik. (Zar, W. T, 2019.)

2. *Guide Vane*

Alat pengarah atau sering juga disebut sebagai *guide vane* berfungsi untuk mengarahkan aliran air sehingga secara efektif meneruskan energinya ke blade atau *runner* turbin. *Guide vane* juga dapat digunakan untuk mengatur kapasitas air yang masuk menuju turbin dengan arah dan kecepatan tertentu sehingga dengan mengatur bukaan *guide vane* dengan tepat maka dapat meningkatkan kinerja dari putaran dari *runner* turbin. (Zar, W. T, 2019.)

3. Rumah Turbin (*Housing*)

Rumah turbin (*housing*) *cross-flow* terbuat dari struktur baja, sehingga kuat dan tahan terhadap benturan dan beku. Fungsi dari rumah turbin (*housing*) adalah sebagai tempat masuk nozzle dari pipa pesat menuju ke *runner* turbin (Zar, W. T, 2019.)

4. Pipa Pesat (*Penstock*)

Pipa pesat (*penstock*) adalah pipa yang terbuat dari fiberglass or plastik *penstock*. Fungsinya adalah untuk mengalirkan

air dari tangki penampung menuju turbin. Pipa pesat mempunyai posisi kemiringan yang tajam dengan maksud agar diperoleh kecepatan dan tekanan air yang tinggi untuk memutar turbin. Konstruksinya harus diperhitungkan agar dapat menerima tekanan besar yang timbul termasuk tekanan dari pukulan air.

Pipa pesat (*penstock*) sebagai saluran yang ditempatkan berdasarkan perbedaan ketinggian input dan output atau elevasi yang terhubung langsung dengan turbin dimana pada output pipa *penstock* dipasang *nozel* untuk menambah tekanan air jatuh. Pipa pesat (*penstock*) adalah saluran yang digunakan untuk mengalirkan air dari sumber air atau dari tangki penampung (*head race water*) ke rumah turbin. Tangki Penampung (*reservoir tank*) Pipa pesat (*penstock*) adalah saluran yang digunakan untuk mengalirkan air dari sumber air atau dari tangki penampung (*head race water*) ke rumah turbin. Didalam pembuatan alat ini penulis menggunakan pipa pesat yang berbahan fiber glass or plastik *penstock* karena bahan ini memiliki kekuatan yang tinggi tahan terhadap cuaca panas maupun hujan dan muda ditemukan dipasaran. (Buyung, 2017).

d. Penentuan dalam menentukan parameter desain turbin *Cross-Flow*

1. Tinggi Jatuh Air (Head)

Head adalah ketinggian vertical dimana air jatuh. Besarnya head dinyatakan dengan satuan meter (m).

2. Debit Air (Q)

$$Q = v/A \text{ (m}^3\text{/s)} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

v = Laju aliran (m/s)

A = Luas penampang (m²)

3. Daya Available

Daya available adalah besarnya daya energi potensi yang tersedia dari suatu sumber air yang tergantung pada besarnya titik jatuh (head) dan debit air yang mengalir dalam tiap detik (Dietzel, 1993).

$$P_{in} = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H \dots\dots\dots(2)$$

dengan,

P_{in} = daya air yang tersedia (Watt)

ρ = massa jenis air (kg/m³)

Q = debit (m³/s)

g = gravitasi (m/s²)

H = head (m)

4. Efisiensi Turbin

$$\eta = 0,5 \times C^2 \times (1+\Psi) \times (\cos \alpha)^2 \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

Ψ = Blade roughness coefficient 0.98

C = Nozzle roughness coefficient 0.98

η (%) = 0.88

dari persamaan di atas diketahui nilai sudut (α) yang rendah adalah sebuah keuntungan/bermanfaat. Pada posisi 16 untuk sudut (α) dapat dibuat tanpa inc.

5. Daya Turbin (Watt)

$$P_t = \rho \times g \times Q \times H \times \eta \text{ (Watt)} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

ρ = Massa jenis air (kg/m^3)

g = Gravitasi bumi (m/s^2)

Q = Debit air (m^3/s)

H = Head (m)

η_t = Efisiensi turbin (%)

6. Daya Output Generator (Watt)

$$P_{\text{out}} = V \times I, \text{ (Watt)} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

7. Efisiensi Sistem (η_s)

$$\eta_s = \frac{P_{in}}{P_{out}} \times 100\% \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan:

P_{in} = Daya air (W)

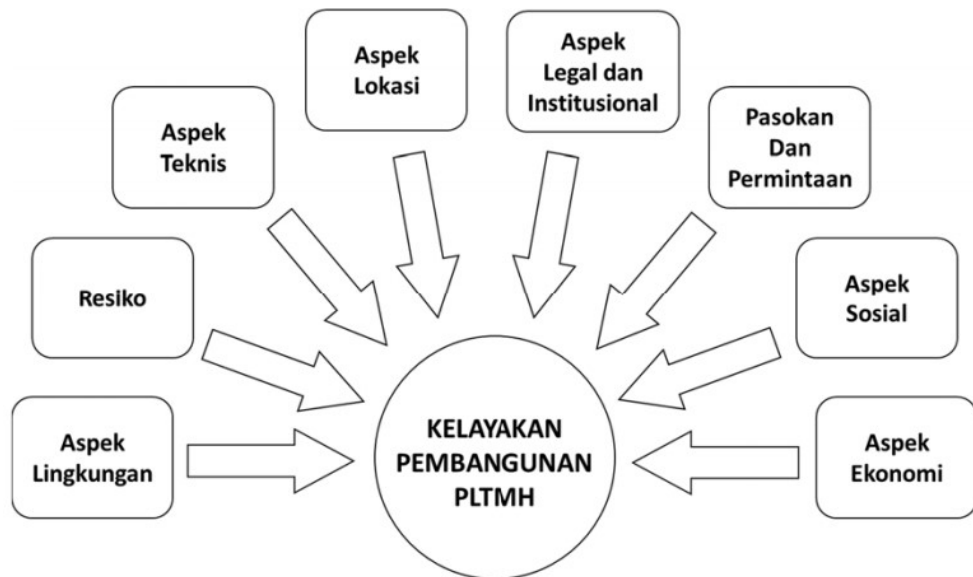
P_{out} = Daya generator (W)

2.3 Generator

Generator adalah suatu alat yang dapat mengubah tenaga mekanik menjadi energi listrik. Tenaga mekanik bisa berasal dari panas, air, uap, dll. Energy listrik yang dihasilkan oleh generator bisa berupa listrik AC listrik bolak-balik maupun DC listrik searah. Hal tersebut tergantung dari konstruksi generator yang dipakai oleh pembangkit tenaga listrik. Prinsip yang digunakan adalah percobaan faraday, yang mengatakan bahwa suatu penghantar yang berada pada sejumlah garis gaya magnet yang berubah-ubah, penghantar tersebut akan menghasilkan gaya gerak listrik (GGL) induksi (Abimanyu, 2018).

2.4 Standar Pengujian

Standar ini dapat dipergunakan untuk keperluan pembuatan studi kelayakan pembangunan pamebangkit listrik tenaga air kecil yang memanfaatkan aliran dan terjunan air sampai dengan kapasitas terpasang 1 MW (satu Mega Watt). Meliputi aspek-aspek seperti yang tercantum dalam gambar di bawah ini:



Gambar 2.2 Aspek-Aspek dalam Menyusun Studi Kelayakan Pembangunan PLTMH



BAB III METODE KEGIATAN

3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan

Penelitian ini dilaksanakan di dusun Tombolo, desa Tompobulu, kecamatan Tompobulu, Kabupaten Maros, Prov. Sulawesi Selatan yang dimulai pada Februari 2023 sampai bulan Agustus 2023.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Tabel 3. 1 Alat-Alat yang Digunakan pada Proses Pengujian

No.	Nama Alat	Jumlah	Satuan	Spesifikasi
1.	Generator AC	1	Unit	Sanyo Denki BL Super AC Servo Motor Rated Output :37 kW Max. Speed: 2000rpm Dimensi: Panjang: 21 cm Diameter: 11,8 cm Diameter ass: 14 mm
2.	Gergaji Pipa	1	Buah	Merk Kodai (mata gergaji nya 2 sisi) T24
3.	Multimeter	1	Buah	WIPRO Multitester Digital HY 4300 Dimensi: Panjang: 170 mm Lebar: 90 mm Tinggi:34 mm Berat: 242g

No.	Nama Alat	Jumlah	Satuan	Spesifikasi
4.	Obeng (+) dan (-)	2	Buah	-
5.	Las Listrik	1	Unit	Daya Listrik : 900 Watt - Diameter Kawat Las : 2.0 - 4 mm - Duty Cycle : 60% (pada 120A), 100% (pada 100A) - Arus Output : 10 - 120 Ampere - Ukuran Soket : 25mm - Dimensi : 270 x 200 x 110mm Pendingin : Kipas - Kelengkapan dalam dus : Pemegang Elektroda, Earth Clamp, Kabel Las, Kedok Las dan Kaca.
6.	Tank Potong	1	Buah	-
7.	Gerinda	1	Buah	Makita 9553 B / 9553B Mesin Gerinda Tangan 4 inch Made in Japan. Volt/ Freq : 220v~ 50/60hz Input : 600 Watt Input Ampere : 2.8a No Load Speed : 11000/Min Whell Diameter : 100 Mm (4")
8.	Tachometer	1	Buah	Digital Laser Tachometer Non-Contact RPM Tach Tester Motor Speed Model: GM8905
9.	Wattmeter Digital AC	1	Buah	Working voltage: 8.0VDC~100VDC Maximum power: 2KW Measuring voltage: 8.0VDC~100VDC

No.	Nama Alat	Jumlah	Satuan	Spesifikasi
				Measurement accuracy: level 1 Maximum current: 20A
10.	Wattmeter Digital DC	1	Buah	DC wattmeter 60V 100A Tegangan: 0 - 60V Arus: 0 - 100 A maksimal Daya: 0 - 6554 W Charge: 0-65 Ah
11.	Meteran	1	Buah	
12.	Voltage Regulator	1	Unit	Capacity 1000VA Input : 220V/50-60Hz Output : 0-250V
13.	Tang Ampere	1	Buah	Tang Ampere Jepit Digital UNI-T UT210E Compact Size AC/DC Clamp Meter up to 100A 600V

3.2.2 Bahan

Tabel 3. 2 Bahan-Bahan yang Digunakan pada Proses Pengujian

No.	Nama Bahan	Jumlah	Satuan	Spesifikasi
1.	Besi Plat	2	Buah	- Tebal 5mm (3 x 2 m) - Tebal 3mm (2 x 1 m)
2.	Besi Siku	2	Buah	- Tebal 3mm (4 x 4mm)
3.	Pipa Besi	2	Buah	- Diameter 4 Inc (1m) - Diameter 3/4 Inc (1m)
4	Pipa 4 Inchi	3	Buah	Pipa PVC Rucika

No.	Nama Bahan	Jumlah	Satuan	Spesifikasi
5.	Pipa 5 Inchi	4	Buah	Pipa PVC Rucika
6.	Reducer 4"-5"	1	Buah	PVC Rucika
7.	V belt	1	Buah	Model Number MF-1550
8.	Lampu DC	3	Buah	Merk : Komet VDC 20W/12 Volt
9.	Lampu AC	3	Buah	Merk: Philips, 220 V/15 W
10.	Lampu AC	2	Buah	Merk: Philips, 220V/25 W
11.	Lampu AC	3	Buah	Merk: Philips, 220 V/40 W
12.	Kabel	10	Meter	Kabel NYAF, 2.5 mm

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Studi Literatur

Pada tahap ini, dilakukan pencarian materi mengenai sistem yang akan dibuat. Dengan tujuan agar dapat memudahkan kegiatan pengujian.

3.3.2 Tahap Perancangan

Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini diantaranya :

- Menentukan lokasi pengujian yang akan digunakan.
- Merancang Sistem Instalasi PLTMH Tipe Turbin *Cross-flow*.

Lokasi Pengujian: Dusun Tombolo, desa Tompobulu, kecamatan Tompobulu, Kabupaten Maros, Prov. Sulawesi Selatan



Lokasi Konstruksi Bendungan
sumber: Dokumen Pribadi



5°07'07.9"S 119°42'48.4"E

<https://goo.gl/maps/PAh8SpfRw4F9dJjL6>



Gambar 3. 1 Instalasi Pengujian PLTMH
sumber: Dokumen Pribadi



Lokasi Konstruksi Pembangkit
PLTMH
sumber: Dokumen Pribadi

3.3.3 Tahap Perakitan

Setelah proses perancangan selesai, maka akan dilanjutkan dengan proses perakitan alat. Langkah-langkah yang dikerjakan sebagai berikut:

1. Menyiapkan semua alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Merakit turbin *Cross-flow*.
3. Merakit sistem kelistrikan
4. Pembuatan rangka penahan pipa.
5. Pemasangan pipa pada bendungan dan rangka penahan
6. Pemasangan pipa masukan ke turbin

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Pengujian ini bertujuan untuk menguji daya yang dihasilkan oleh PLTMH tipe turbin *Cross-flow*. Data diambil setelah simulator beroperasi. Adapun kondisi pengujian yang dilakukan, antara lain :

- Mengambil data PLTMH pada saat keadaan tanpa beban.
- Mengambil data PLTMH pada saat keadaan berbeban

3.5 Pengujian Alat

Setelah perakitan selesai, maka akan dilanjutkan dengan pengujian alat dan pengambilan data. Langkah-langkah yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Mengkalibrasi seluruh alat ukur.
2. Memastikan rangka-rangka yang terhubung satu sama lain dalam keadaan kuat (tidak longgar).
3. Memastikan air masuk ke dalam pipa.
4. Memastikan tidak terjadi kebocoran pada pipa.

5. Memastikan turbin berputar secara baik.
6. Melakukan proses pengujian.
7. Mengambil data head, debit air, tegangan dan arus keluaran generator AC.

3.6 Teknik Analisis Data

Pengujian simulator PLTMH ini bertujuan untuk menganalisis tingkat efisiensi sistem yang dihasilkan oleh simulator PLTMH tipe *Cross-Flow*. Adapun data yang dianalisis antara lain :

- Daya Hidrolik (Ph) dengan rumus:

$$Ph = \rho g Q H_n \text{ (Watt)}$$

$$Ph = \text{Daya Hidrolik}$$

$$\rho = \text{massa jenis (kg/m}^3\text{)}$$

$$g = \text{gaya gravitasi bumi (9.81 m/s}^2\text{)}$$

$$Q = \text{debit air (m}^3\text{/s)}$$

$$H = \text{head (m)}$$

- Daya Generator (Pg) sebagai daya output dengan rumus :

$$P_{out} = V \times I \text{ (Watt)}$$

$$V = \text{Tegangan (Volt)}$$

$$I = \text{Arus (Ampere)}$$

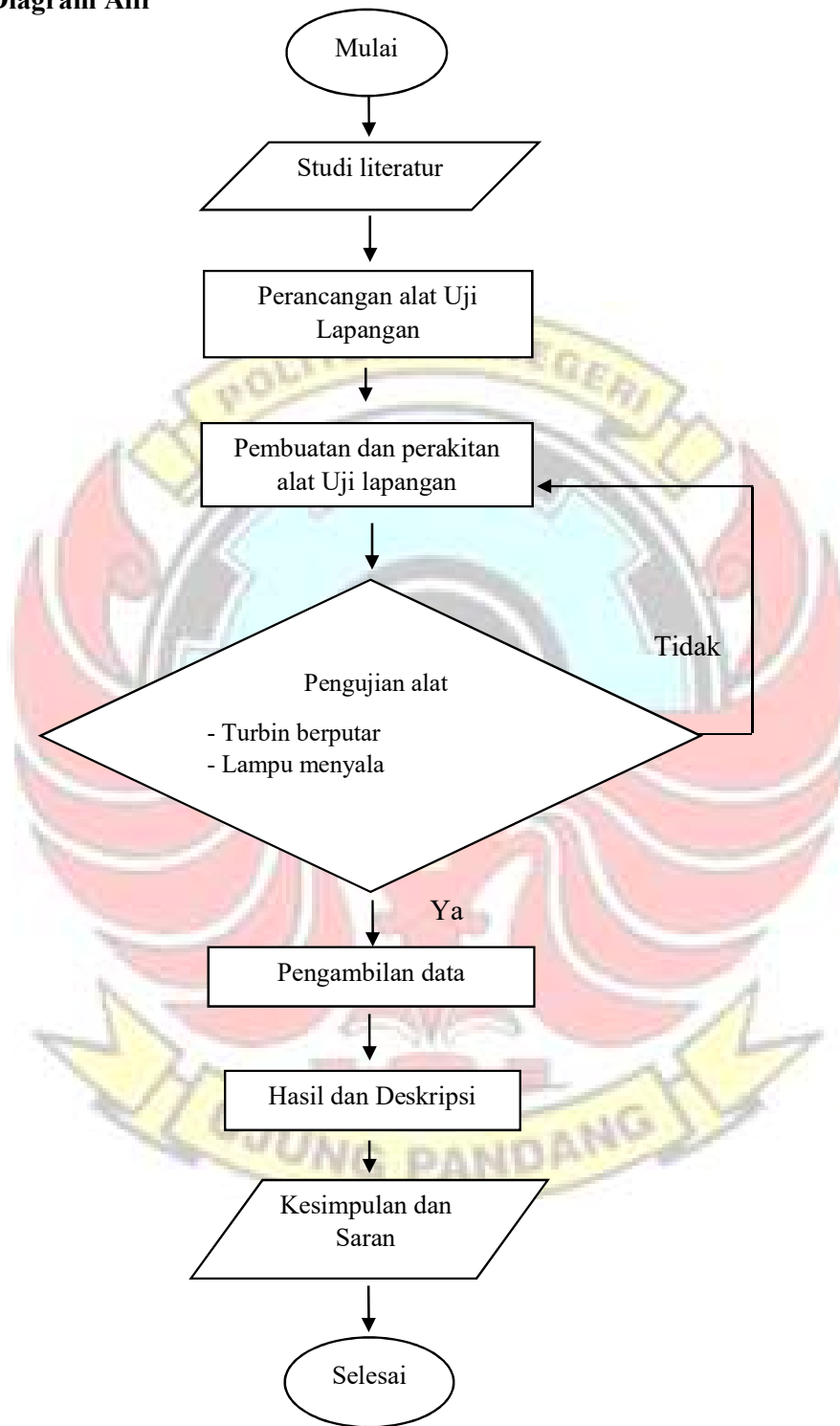
- Efisiensi sistem (η_s)

$$Eff = P_{out}/P_{in} \times 100\%$$

$$P_{out} = \text{Daya Keluaran}$$

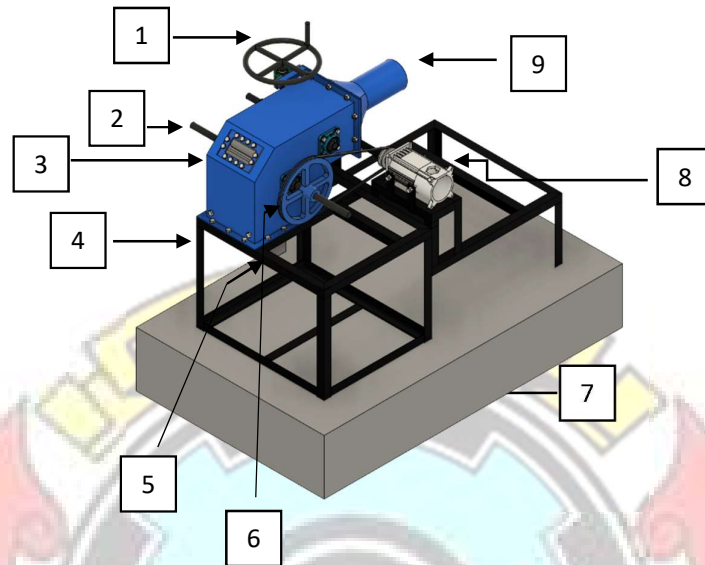
$$P_{in} = \text{Daya masuk}$$

3.7 Diagram Alir



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

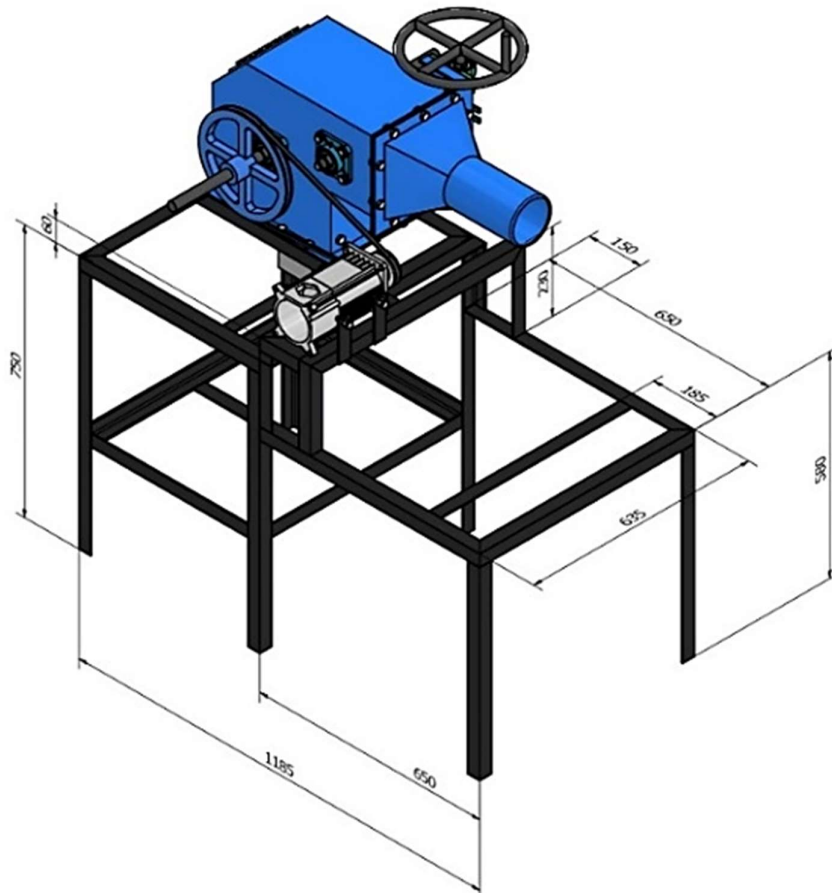
3.8 Gambar Desain



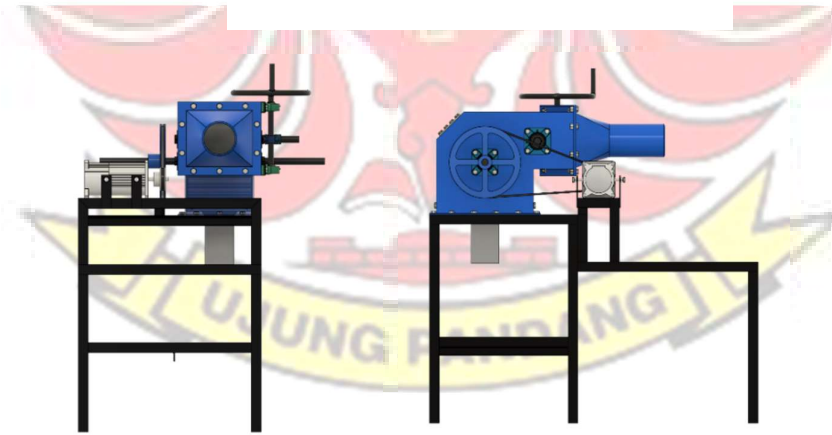
Gambar 3. 3 Desain PLTMH

Keterangan :

1. *Guide Vane*
2. Poros turbin
3. Rumah turbin
4. Rangka dudukan turbin
5. *Tail Race*
6. *Pully dan belt*
7. Pondasi
8. Generator
9. *Penstock (water inlet turbine)*



Gambar 3. 4 Dimensi PLTMH



Gambar 3. 5 Tampak Depan dan Samping PLTMH

BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN

4.1 Hasil Kegiatan

4.1.1 Hasil Perancangan

Dalam perancangan turbin *Cross-flow* digunakan beberapa persamaan untuk mendapatkan beberapa parameter. Adapun beberapa rumus matematis dalam perhitungan untuk menentukan parameter dari desain turbin *Cross-flow* adalah (Zia, 2010.) :

1. Net Head (Hn)

$$H_n = H_g - H_L \text{ (m)} \dots\dots\dots (1)$$

H_L merupakan head equivalent untuk perbedaan losses yang terjadi di pipa, saluran dan lain-lain.

$$H_n = 6,12 \text{ m}$$

2. Debit Air (Q)

$$Q = \frac{V}{t} \text{ (m}^3\text{/s)} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

V = Volume Air (m³)

t = Waktu (detik)

3. Daya Turbin (W)

$$P = \rho g Q H_n \eta \text{ (Watt)} \dots\dots\dots (4)$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$Q = 0,025 \text{ m}^3\text{/s}$$

$H = 6,12 \text{ m}$

Eff turbin = 0.88%

Daya Turbin = 1310,2 Watt

1,31 kW

4.1.2 Perakitan Turbin *Cross-flow*

Turbin *Cross-flow* yang digunakan bahan plat besi dengan jumlah sudu sebanyak 18 buah, diameter runner 25 cm, lebar sudu 4 cm, panjang sudu 20 cm dan panjang poros turbin 80 cm.



Gambar 4. 1 Turbin *cross-flow* dengan Bahan Plat

4.1.3 Perakitan Sistem Pemipaan

Pertama-tama yang dilakukan dalam merakit sistem pemipaan adalah menyambung pipa yang berdiameter 5 inch dan 4 inch. Ujung pipa kemudian dihubungkan langsung menuju turbin *Cross-flow*.



Gambar 4. 2 Instalasi Pemipaan
Sumber : Dokumen pribadi

4.1.4 Perakitan Sistem Kelistrikan

Sistem kelistrikan diawali dengan generator AC yang memiliki panjang: 21 cm dan diameter: 11,8 cm, generator AC yang terhubung dengan turbin.

Tripleks kemudian dipotong dengan ukuran lebar 63,5cm dan tinggi 40 cm sebagai dudukan beban (lampu LED), kabel dan saklar. Beban pada sistem kelistrikan kemudian dirangkai paralel sehingga beban bisa dinyalakan secara bergantian.

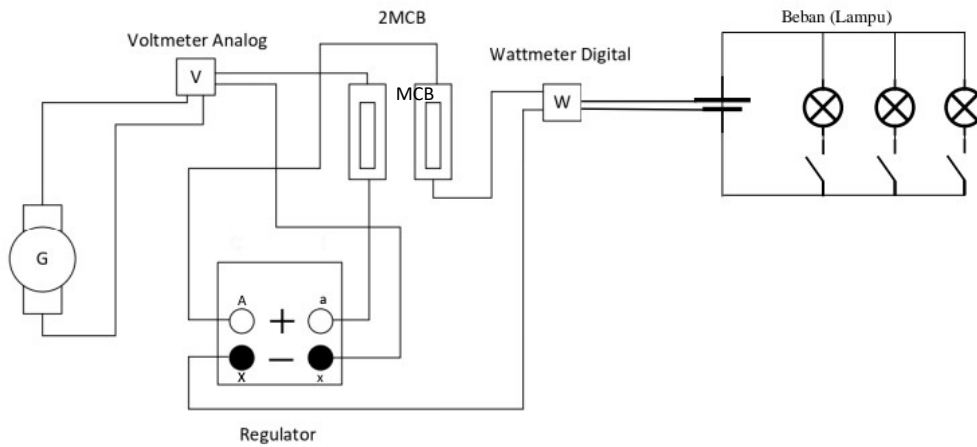


Gambar 4. 3 Instalasi Lampu Beban Sistem DC (Lampu LED)
Sumber: Dokumen pribadi



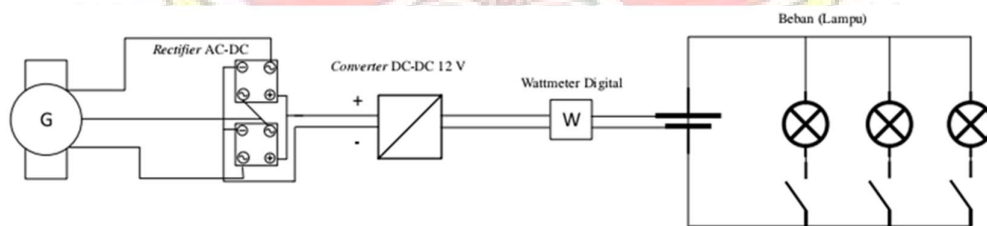
Gambar 4. 4 Instalasi Lampu Beban Sistem AC (Lampu Pijar)

Sumber: Dokumen pribadi



Gambar 4. 5 Rangkaian Listrik Arus AC

Sumber: Dokumen pribadi



Gambar 4. 6 Rangkaian Listrik Arus DC

Sumber: Dokumen pribadi

4.1.5 Pengujian PLTMH

Pengujian dilakukan dengan 3 jenis pengujian yaitu pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang dibebani 3 buah lampu LED dengan masing-masing daya 20W dengan sudut sudu putaran bervariasi, pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang dibebani 3 buah lampu LED dengan total daya 60 W dengan sudut sudu pengarah tetap, dan pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang tidak dibebani sama sekali. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan nilai putaran, tegangan dan arus yang diukur menggunakan tachometer, voltmeter dan tang ampere. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui daya keluaran yang dihasilkan turbin.



Gambar 4. 7 Pengujian PLTMH Tanpa Beban
Sumber: Dokumen pribadi



Gambar 4. 8 Pengujian PLTMH Kondisi Berbeban
Sumber: Dokumen pribadi

4.1.6 Analisis Data

4.1.6.1 Perhitungan Data Turbin Tanpa Beban

Diketahui :

Head = 6,12 m

Tegangan = 8.12 Volt

Putaran generator = 215.82 rpm

Putaran turbin = 49.39 rpm

1) Perhitungan Debit Air (Q)

Dik : Waktu pengamatan rata-rata = 86,15 s

Jarak pengamatan = 2 m

Lebar pengamatan = 2 m

Kedalaman pengamatan rata-rata = 0,43 m

$$Q = U \times A$$

Menghitung percepatan air

$$U = \frac{p}{t}$$

$$= \frac{2 \text{ m}}{86,15 \text{ s}}$$

$$= 0.023 \text{ m/s}$$

Menghitung luas penampang

$$\begin{aligned} A &= l \times t \\ &= 2 \text{ m} \times 0,43 \text{ m} \\ &= 0,86 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Sehingga

$$\begin{aligned} Q &= U \times A \\ &= 0,023 \text{ m/s} \times 0,86 \text{ m}^2 \\ &= 0,02 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Perhitungan factor koreksi

Asumsi factor koreksi = 0,8 untuk saluran terbuka

$$\begin{aligned} Q &= U \times A \times 0,8 \\ &= 0,023 \text{ m/s} \times 0,86 \text{ m}^2 \times 0,8 \\ &= 0,016 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

2) Perhitungan Daya Input (Pin)

Untuk menghitung daya input (Pin) menggunakan rumus persamaan 14 pada bab 2 dengan menggunakan data pertama pada lampiran tabel 1 maka didapatkan nilai daya input turbin sebagai berikut :

$$P_{in} = \rho \times Q \times g \times H$$

$$\text{Dik : } \rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$Q = 0.016 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$H = 6,12 \text{ m}$$

$$P_{in} = \rho \times Q \times g \times H$$

$$= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 0.016 \text{ m}^3/\text{s} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 6,12 \text{ m}$$

$$= 958,89 \text{ Watt}$$

Untuk perhitungan data lainnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. 1 Data Hasil Pengujian Tanpa beban

Percobaan Tanpa Beban					
No.	Rata-Rata Putaran Poros Turbin (rpm)	Rata-Rata Putaran Puli Generator (rpm)	Tegangan Rata-Rata Generator (Volt)	Debit (m ³ /s)	Daya Input (W)
1	49.39	215.82	8.12	0,016	958,89
2	137.83	610.64	26.42	0,02	1177,26
3	468.97	2068.23	88.56	0,027	1604,59

4.1.6.2 Perhitungan Data Turbin Berbeban DC

Diketahui :

$$\text{Head} = 6,12 \text{ m}$$

$$\text{Tegangan AC} = 8.867 \text{ V}$$

$$\text{Arus AC} = 0.186 \text{ A}$$

$$\text{Tegangan DC} = 8.867 \text{ V}$$

$$\text{Arus DC} = 0.186 \text{ A}$$

$$\text{Putaran generator} = 218.700 \text{ rpm}$$

$$\text{Putaran turbin} = 51.050 \text{ rpm}$$

$$\text{Debit} = 0,016 \text{ m}^3/\text{s}$$

1) Perhitungan Daya Input (Pin)

Untuk menghitung daya input (Pin) menggunakan rumus persamaan 14 pada bab 2 dengan menggunakan data pertama pada lampiran tabel 1 maka didapatkan nilai daya input turbin sebagai berikut :

$$P_{in} = \rho \times Q \times g \times H$$

$$\text{Dik : } \rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$Q = 0.016 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$H = 6,12 \text{ m}$$

$$P_{in} = \rho \times Q \times g \times H$$

$$= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 0.016 \text{ m}^3/\text{s} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 6,12 \text{ m}$$

$$= 958,89 \text{ Watt}$$

2) Perhitungan Daya Output

Untuk menghitung daya input (P_{in}) menggunakan rumus persamaan 13 pada bab 2 dengan menggunakan data pertama pada lampiran tabel 4 dengan beban DC 20 W maka didapatkan nilai daya input turbin sebagai berikut :

$$P_{out} = V \times I$$

$$= 8,867 \text{ V} \times 0,186 \text{ A}$$

$$= 1,65 \text{ Watt}$$

3) Perhitungan Efisiensi

Untuk menghitung Efisiensi menggunakan rumus persamaan 15 pada bab 2 dengan menggunakan data pertama pada lampiran tabel 4 dengan beban DC 20 W maka didapatkan nilai daya input turbin sebagai berikut :

$$Eff = P_{out}/P_{in} \times 100\%$$

$$= 1.65 \text{ Watt} / 958,89 \text{ Watt} \times 100\%$$

$$= 0.23 \%$$

Untuk hasil perhitungan lainnya selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 4. 2 Hasil Data Pengujian berbeban DC dengan Debit Bervariasi

Pengujian Beban Lampu dengan Debit Bervariasi														
No.	Rata-Rata								Daya Output (W)		Efisiensi (%)		Beban Lampu	Debit (m ³ /s)
	V(AC)	I(AC)	V(DC)	I(DC)	Putaran Poros Turbin (rpm)	Putaran Puli Turbin (rpm)	Putaran Puli Generator (rpm)	Daya Input (W)						
									AC	DC	AC	DC		
1	8.87	0.19	12.23	0.18	51.05	51.07	218.70	958.89	1.65	2.2	0.17	0.23	20 W	0.016
2	7.90	0.18	10.23	0.23	49.10	46.57	199.70	958.89	1.45	2.32	0.15	0.24	40 W	
3	6.93	0.19	9.83	0.24	47.10	45.53	197.07	958.89	1.32	2.36	0.14	0.25	60 W	
4	20.90	0.13	28.63	0.31	131.00	129.80	549.87	1177.26	2.70	8.78	0.23	0.75	20 W	0.02
5	8.60	0.27	11.47	0.30	95.87	90.40	247.73	1177.26	2.31	3.44	0.20	0.29	40 W	
6	7.53	0.25	10.47	0.30	90.30	89.70	214.70	1177.26	1.85	3.14	0.16	0.27	60 W	

4.1.6.3 Perhitungan Data Turbin Berbeban AC

Diketahui :

Head	= 6,12 m
Tegangan Genenerator	= 44.68 V
Arus Generator	= 0.129 A
Tegangan Regulator	= 103 V
Arus Regulator	= 0.048 A
Putaran Generator	= 1106.45 rpm
Putaran Turbin	= 244.43 rpm
Debit	= 0,025 m ³ /s

1) Perhitungan Daya Input (Pin)

Untuk menghitung daya input (Pin) menggunakan rumus persamaan 14 pada bab 2 dengan menggunakan data pertama pada lampiran tabel 1 maka didapatkan nilai daya input turbin sebagai berikut :

$$P_{in} = \rho \times Q \times g \times H$$

$$\text{Dik : } \rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$Q = 0.025 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$H = 6,12 \text{ m}$$

$$P_{in} = \rho \times Q \times g \times H$$

$$= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 0.025 \text{ m}^3/\text{s} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 6,12 \text{ m}$$

$$= 1488,83 \text{ Watt}$$

2) Perhitungan Daya Output

Untuk menghitung daya input (P_{in}) menggunakan rumus persamaan 13 pada bab 2 dengan menggunakan data pertama pada lampiran tabel 5 dengan beban AC 15 W maka didapatkan nilai daya input turbin sebagai berikut :

$$P_{out} = V \times I$$

$$= 44,68\text{V} \times 0,129 \text{ A}$$

$$= 5,77 \text{ Watt}$$

3) Perhitungan Efisiensi

Untuk menghitung Efisiensi menggunakan rumus persamaan 15 pada bab 2 dengan menggunakan data pertama pada lampiran tabel 5 dengan beban AC 15 W maka didapatkan nilai daya input turbin sebagai berikut :

$$Eff = P_{out}/P_{in} \times 100\%$$

$$= 5,77 \text{ Watt} / 1488,83 \text{ Watt} \times 100\%$$

$$= 0,33 \%$$

Untuk hasil perhitungan lainnya selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.3, 4.4, dan 4.5.

Tabel 4. 3 Hasil Analisis Pengujian Bebeban 15 W, 30 W, dan 45 W pada Debit Berfluktuatif

No.	Tegangan, Arus dan Putaran (rata-rata)							Daya Input (W)	Daya Output (W)		Efisiensi (%)		Beban Lampu
	Tegangan dan Arus Generator (AC)		Tegangan dan Arus Output Regulator (AC)		Putaran Poros Turbin (rpm)	Putaran Puli Turbin (rpm)	Putaran Puli Generator (rpm)		Generator (AC)	Output Regulator (AC)	Sistem (output generator) (AC)	Sistem (output regulator) (AC)	
	V(AC)	I(AC)	V(AC)	I(AC)									
1	44,68	0,13	98,50	0,05	244,43	240,10	1106,45	1488,83	5,77	4,93	0,39	0,33	15 W
2	42,60	0,21	93,17	0,09	272,43	275,03	1001,65		8,97	8,39	0,60	0,56	30 W
3	42,55	0,29	85,50	0,13	235,42	234,48	916,38		12,34	11,12	0,83	0,75	45 W

Tabel 4. 4 Hasil Analisis Pengujian Berbeban 40 W, 80 W, dan 120 W pada Debit Berfluktuatif

No.	Tegangan, Arus dan Putaran (rata-rata)							Daya Input (W)	Daya Output (W)		Efisiensi (%)		Beban Lampu
	Tegangan dan Arus Generator (AC)		Tegangan dan Arus Output Regulator (AC)		Putaran Poros Turbin (rpm)	Putaran Puli Turbin (rpm)	Putaran Puli Generator (rpm)		Generator (AC)	Output Regulator (AC)	Sistem (output generator) (AC)	Sistem (output regulator) (AC)	
	V(AC)	I(AC)	V(AC)	I(AC)									
1	40.53	0.34	94.33	0.11	222.17	228.33	988.83	1488,83	13,96	10,38	0,94	0,70	40 W
2	39.40	0.43	83.67	0.21	219.00	212.07	917.30		16,85	17,57	1,13	1,18	80 W
3	33.77	0.60	72.00	0.29	187.80	181.97	836.17		20,10	20,64	1,35	1,39	120 W

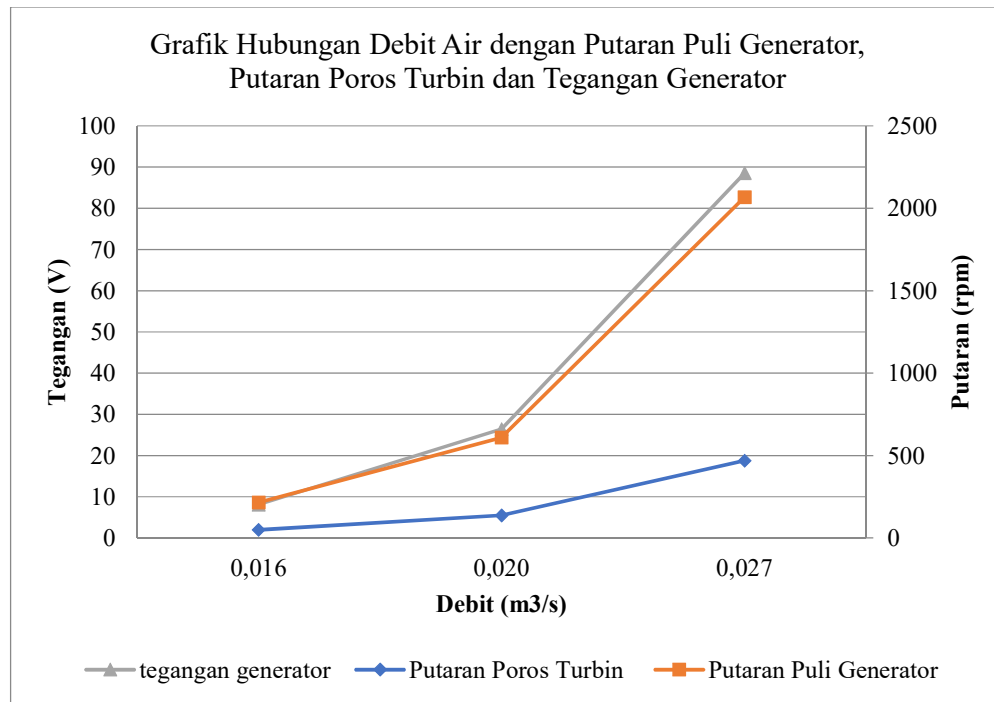
Tabel 4. 5 Hasil Analisis Pengujian Berbeban 15 W, 40 W, dan 80 W pada Debit Berfluktuatif

No.	Tegangan, Arus dan Putaran (rata-rata)							Daya output (kW)		Efisiensi (%)		Beban Lampu	
	Tegangan dan Arus Generator (AC)		Tegangan dan Arus Output Regulator (AC)		Putaran Poros Turbin (rpm)	Putaran Puli Turbin (rpm)	Putaran Puli Generator (rpm)	Daya input (kW)	Generator (AC)	Output Regulator (AC)	Sistem (output generator) (AC)		Sistem (output regulator) (AC)
	V(AC)	I(AC)	V(AC)	I(AC)									
1	44.37	0.12	102.33	0.05	240.60	246.53	1033.73	1488,83	5,37	4,78	0,36	0,32	15 W
2	42.77	0.26	99.00	0.12	229.67	231.47	1024.87		11,22	11,55	0,75	0,78	40 W
3	42.63	0.48	91.67	0.24	241.23	247.23	1029.63		20,63	22,00	1,39	1,48	80 W



4.2 Deskripsi Hasil Kegiatan

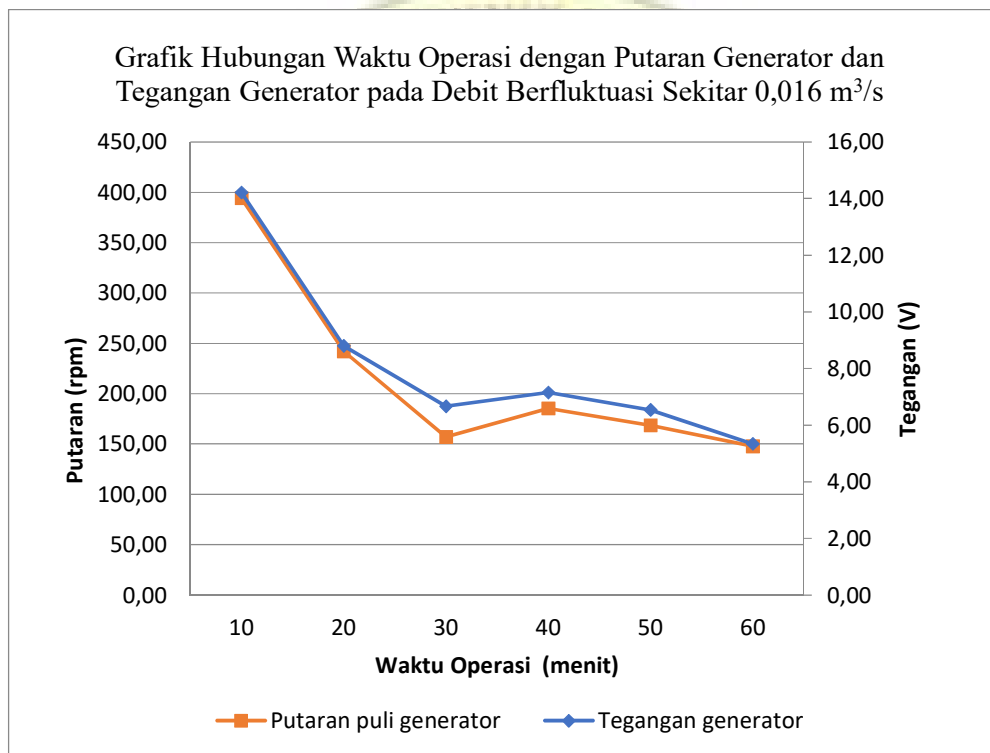
1) Grafik Pengujian Turbin tanpa beban terkoneksi puli



Gambar 4. 9 Grafik Hubungan Debit Air dengan Putaran Puli Generator, Putaran Poros Turbin dan Tegangan Generator

Berdasarkan grafik di atas, hubungan putaran puli generator, putaran poros turbin dengan tegangan generator. setiap kenaikan debit putaran poros turbin dan putaran puli generator akan meningkat begitu juga dengan nilai tegangan generator. Nilai tertinggi putaran poros turbin yaitu 468,97 rpm dan putaran puli generator yaitu 215,82 rpm pada kondisi debit terkecil yaitu 0,027 m³/s. Nilai terendah putaran poros turbin yaitu 49,39 rpm dan putaran puli generator yaitu 2068,225 rpm pada kondisi debit terbesar yaitu 0,016 m³/s. Dari data ini dapat dilihat bahwa besaran debit mempengaruhi putaran pada poros turbin dan puli

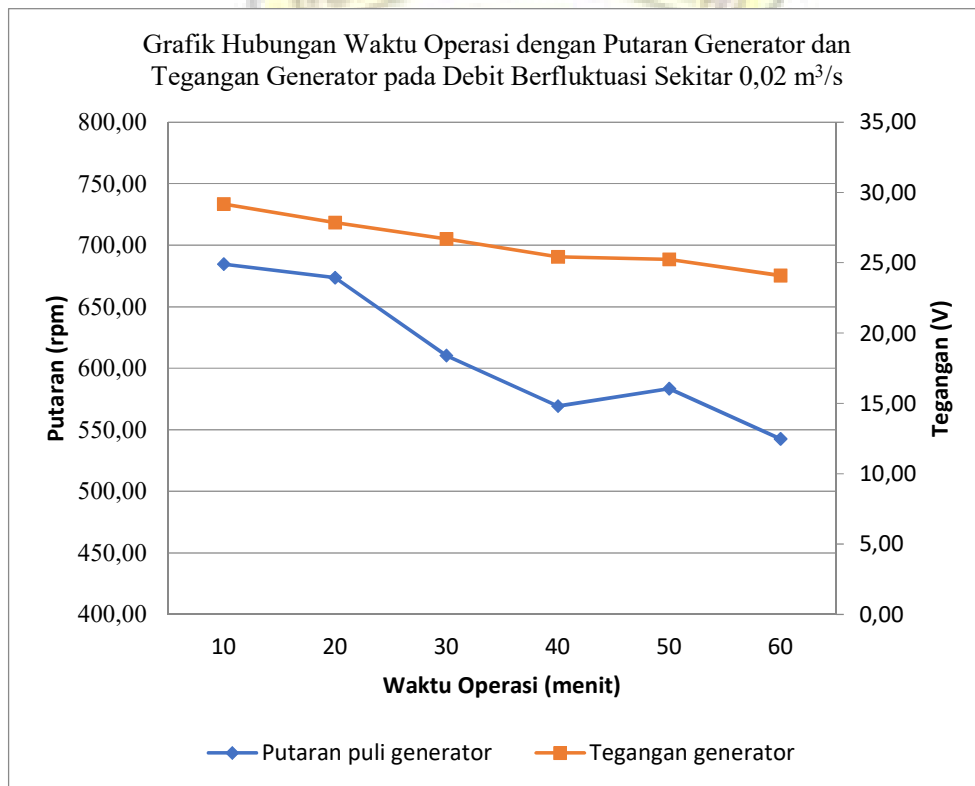
generator. Hal ini disebabkan karena debit mempengaruhi tekanan air pada putaran poros turbin dan puli generator. Semakin besar debit air yang mengarah ke turbin maka putaran dari turbin akan semakin cepat dan menghasilkan putaran tiga kali lipat lebih besar pada putaran puli generator sehingga dapat menghasilkan tegangan yang besar.



Gambar 4. 10 Grafik Hubungan Waktu Operasi dengan Putaran Generator dan Tegangan Generator pada Debit Berfluktuasi Sekitar 0,016 m³/s

Berdasarkan grafik di atas, hubungan antara putaran generator terhadap tegangan generator pada debit air konstan, yaitu berbanding lurus apabila putaran generator naik maka tegangannya juga akan naik. Nilai tegangan tertinggi yaitu 14,22 Volt pada putaran generator 394,3 rpm. Nilai tegangan terkecil yaitu 5,34 Volt pada putaran generator 147,64 rpm. Dari grafik di atas

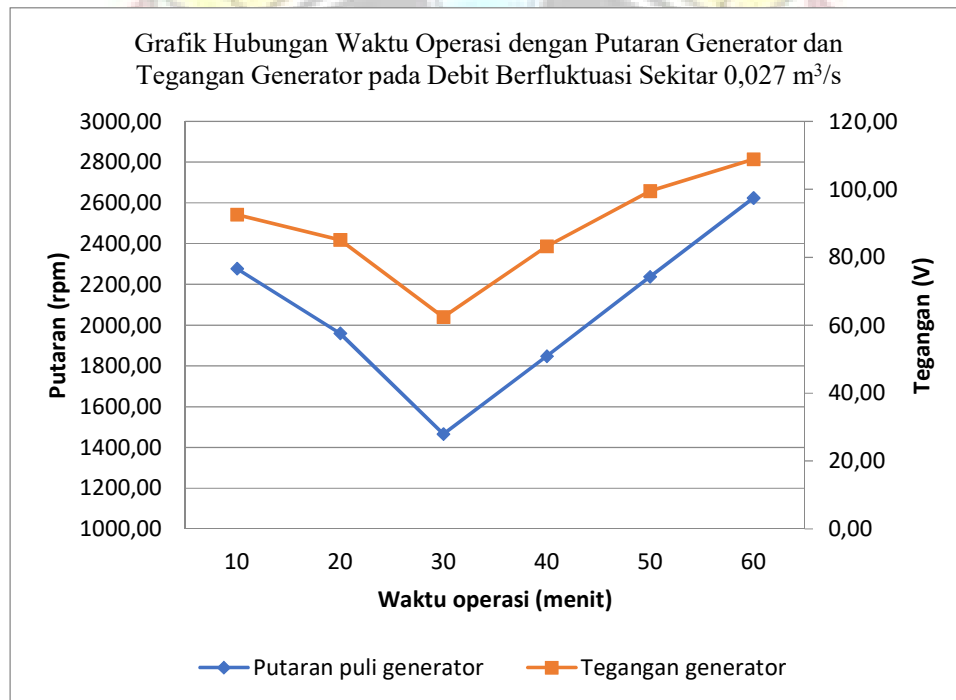
putaran dan tegangan generator mengalami kenaikan dan penurunan walaupun debitnya di atur agar tetap konstan hal ini dipengaruhi oleh waktu karena seiring bertambahnya waktu pengujian maka debit akan mengalami perubahan sebab banyaknya faktor yang mempengaruhinya seperti debit aliran sungai itu sendiri mengalami kenaikan maupun penurunan ataupun sebab adanya daun atau ranting kayu yang menghalangi masuknya aliran air ke pipa.



Gambar 4. 11 Grafik Hubungan Waktu Operasi dengan Putaran Generator dan Tegangan Generator pada Debit Berfluktuasi Sekitar $0,02 \text{ m}^3/\text{s}$

Berdasarkan grafik di atas, hubungan antara putaran generator terhadap tegangan generator pada debit air konstan, yaitu berbanding lurus apabila putaran generator naik maka tegangannya juga akan naik. Nilai tegangan tertinggi yaitu 29,8 Volt pada putaran generator 684,68 rpm. Nilai tegangan

terkecil yaitu 24,1 Volt pada putaran generator 542,63 rpm. Dari grafik di atas putaran dan tegangan generator mengalami kenaikan dan penurunan walaupun debitnya di atur agar tetap konstan hal ini dipengaruhi oleh waktu karena seiring bertambahnya waktu pengujian maka debit akan mengalami perubahan sebab banyaknya faktor yang mempengaruhinya seperti debit aliran sungai itu sendiri mengalami kenaikan maupun penurunan ataupun sebab adanya daun atau ranting kayu yang menghalangi masuknya aliran air ke pipa.

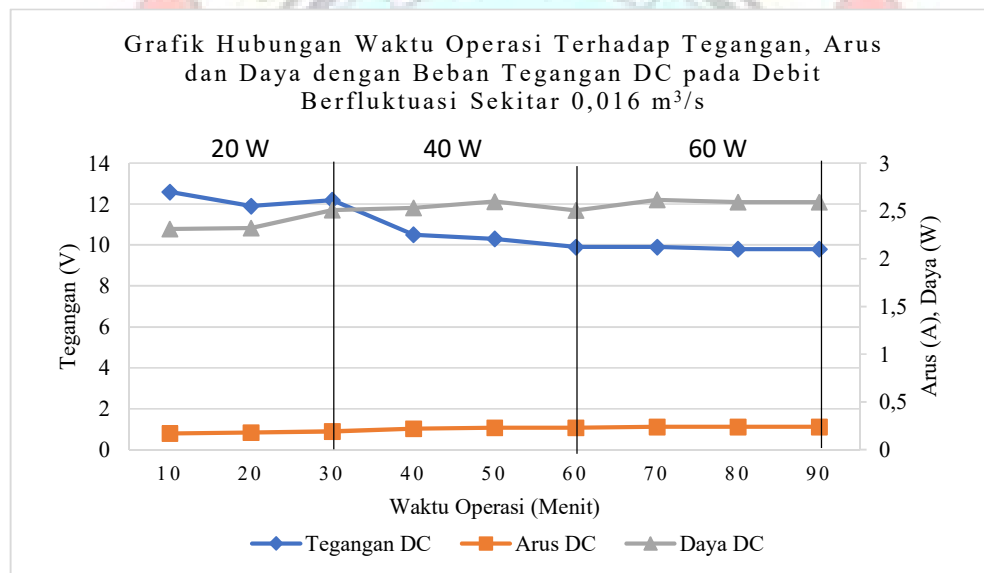


Gambar 4. 12 Grafik Hubungan Waktu Operasi dengan Putaran Generator dan Tegangan Generator pada Debit Berfluktuasi Sekitar 0,027 m³/s

Berdasarkan grafik di atas, hubungan antara putaran generator terhadap tegangan generator pada debit air konstan, yaitu berbanding lurus apabila putaran generator naik maka tegangannya juga akan naik. Nilai tegangan tertinggi yaitu 108,82 Volt pada putaran generator 2623,2 rpm. Nilai tegangan terkecil yaitu

62,35 Volt pada putaran generator 1465,58 rpm. Dari grafik di atas putaran dan tegangan generator mengalami kenaikan dan penurunan walaupun debitnya di atur agar tetap konstan hal ini dipengaruhi oleh waktu karena seiring bertambahnya waktu pengujian maka debit akan mengalami perubahan sebab banyaknya faktor yang mempengaruhinya seperti debit aliran sungai itu sendiri mengalami kenaikan maupun penurunan ataupun sebab adanya daun atau ranting kayu yang menghalangi masuknya aliran air ke pipa.

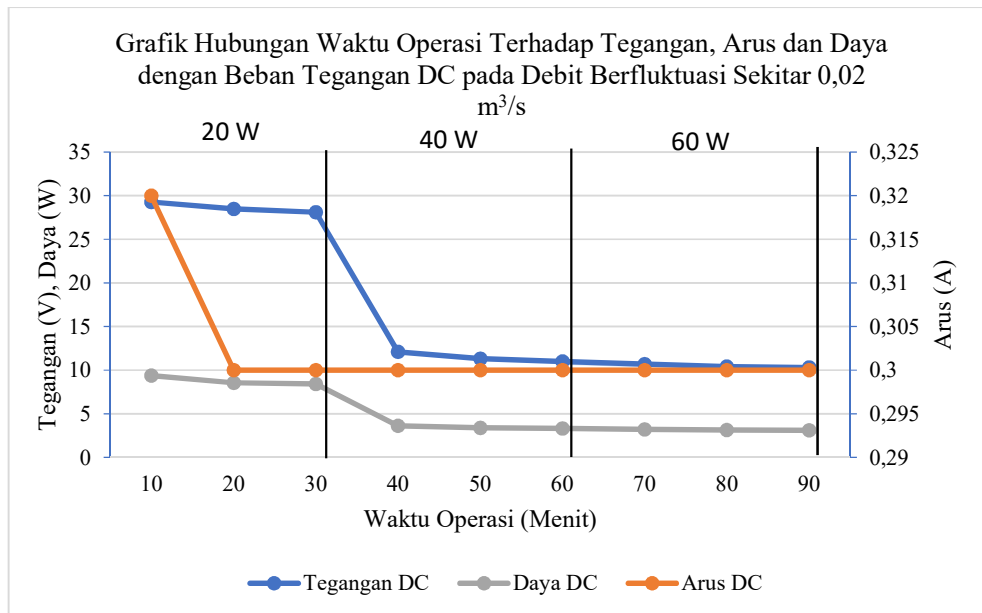
2) Grafik Pengujian Turbin Berbeban Tegangan DC



Gambar 4. 13 Grafik Hubungan Waktu Operasi Terhadap Tegangan, Arus dan Daya dengan Beban Tegangan DC pada Debit Berfluktuasi Sekitar $0,016 \text{ m}^3/\text{s}$

Berdasarkan grafik di atas, hubungan tegangan dan arus terhadap beban lampu, di mana tegan berbanding terbalik dengan arus apabila beban lampu bertambah. Nilai tegangan tertinggi yaitu 12,6 Volt, arus terendah yaitu 0,17 A dan daya terendah yaitu 2,14 W pada beban lampu 20 W. Nilai tegangan terendah yaitu 9,8 Volt, arus tertinggi yaitu 0,24 A dan daya tertinggi yaitu 2,38 W pada

beban lampu 60 W. Dari grafik di atas tegangan, arus dan daya mengalami kenaikan dan penurunan pada saat dibebankan lampu hal ini dipengaruhi oleh perubahan debit air walaupun debit air diusahakan tetap konstan pada jeda waktu saat pengambilan data dilakukan.

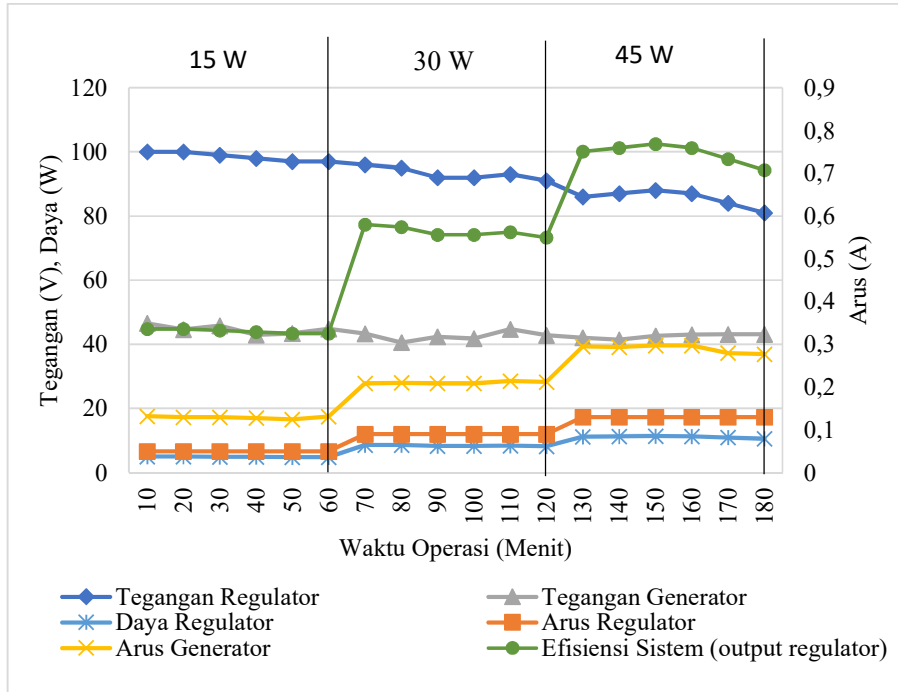


Gambar 4. 14 Grafik Hubungan Waktu Operasi Terhadap Tegangan, Arus dan Daya dengan Beban Tegangan DC pada Debit Berfluktuasi Sekitar 0,02 m³/s

Berdasarkan grafik di atas, hubungan tegangan dan arus terhadap beban lampu, di mana tegan berbanding terbalik dengan arus apabila beban lampu bertambah. Nilai tegangan tertinggi yaitu 29,3 Volt, arus tertinggi yaitu 0,32 A dan daya tertinggi yaitu 9,38 W pada beban lampu 20 W. Nilai tegangan terendah yaitu 10,3 Volt, arus terendah yaitu 0,3 A dan daya terendah yaitu 3,09 W pada beban lampu 60 W. Dari grafik di atas tegangan, arus dan daya mengalami kenaikan dan penurunan pada saat dibebankan lampu hal ini dipengaruhi oleh

perubahan debit air walaupun debit air diusahakan tetap konstan pada jeda waktu saat pengambilan data dilakukan.

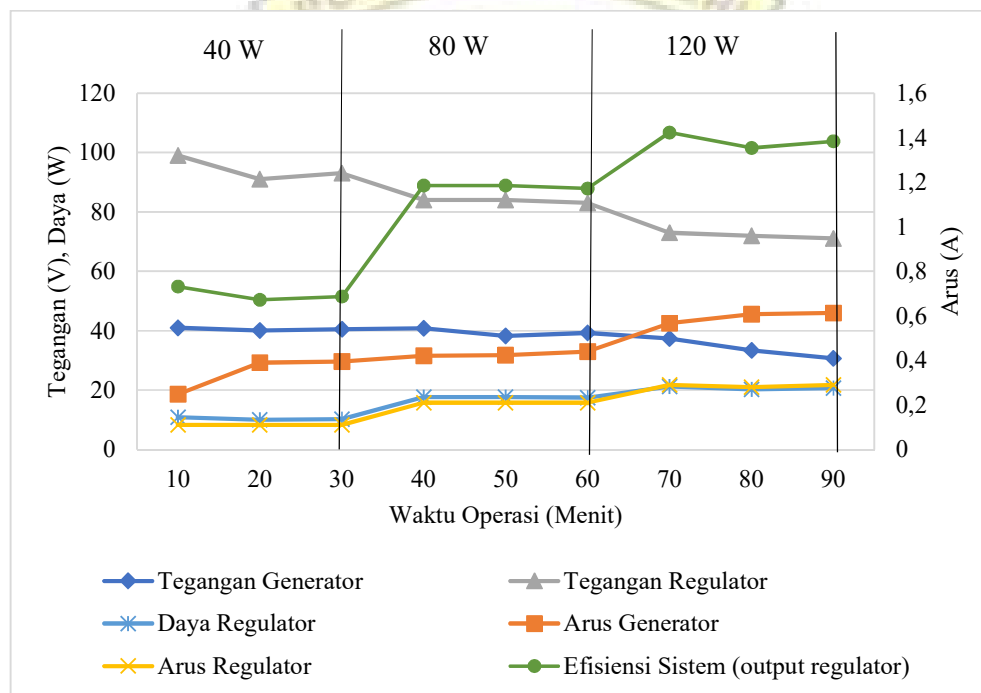
3) Grafik Pengujian Turbin Berbeban Tegangan AC



Gambar 4. 15 Hubungan Waktu Operasi Terhadap Tegangan, Arus, Daya, dan Efisiensi Sistem dengan Beban Lampu AC 15 W, 30 W dan 45W pada Debit Berfluktuasi sekitar $0,025 \text{ m}^3/\text{s}$

Berdasarkan grafik di atas, hubungan tegangan dan arus terhadap beban lampu AC, di mana tegan berbanding terbalik dengan arus apabila beban lampu bertambah. Nilai tegangan generator tertinggi yaitu 46,6 V dan arus generator terendah yaitu 0,128 A, sedangkan nilai tegangan pada Regulator tertinggi yaitu 100 V, arus Regulator terendah yaitu 0,05 A dan daya terendah yaitu 4,85 W pada beban lampu 15 W. Nilai tegangan generator terendah yaitu 39,3 V dan arus tertinggi yaitu 0,297 A, sedangkan nilai tegangan pada Regulator terendah yaitu

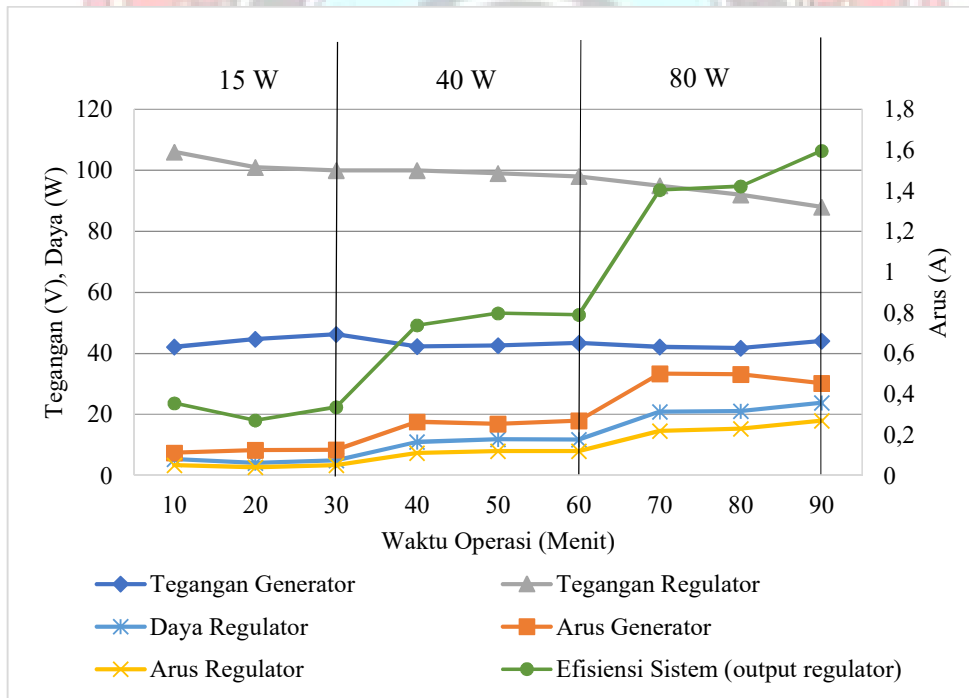
81 V, arus Regulator tertinggi yaitu 0,13 A dan daya tertinggi yaitu 11,44 W pada beban lampu 45 W. Nilai efisiensi sistem tertinggi yaitu 0,77% pada baban lampu 45 W dan terendah yaitu 0,33% pada beban lampu 15 W. Dari grafik di atas tegangan, arus dan daya mengalami kenaikan dan penurunan pada saat dibebankan lampu hal ini dipengaruhi oleh perubahan debit air walaupun debit air diusahakan tetap konstan pada jeda waktu saat pengambilan data dilakukan.



Gambar 4. 16 Hubungan Waktu Operasi Terhadap Tegangan, Arus, Daya, dan Efisiensi Sistem dengan Beban Lampu AC 40 W, 80 W dan 120 W pada Debit Berfluktuasi Sekitar 0,025 m³/s

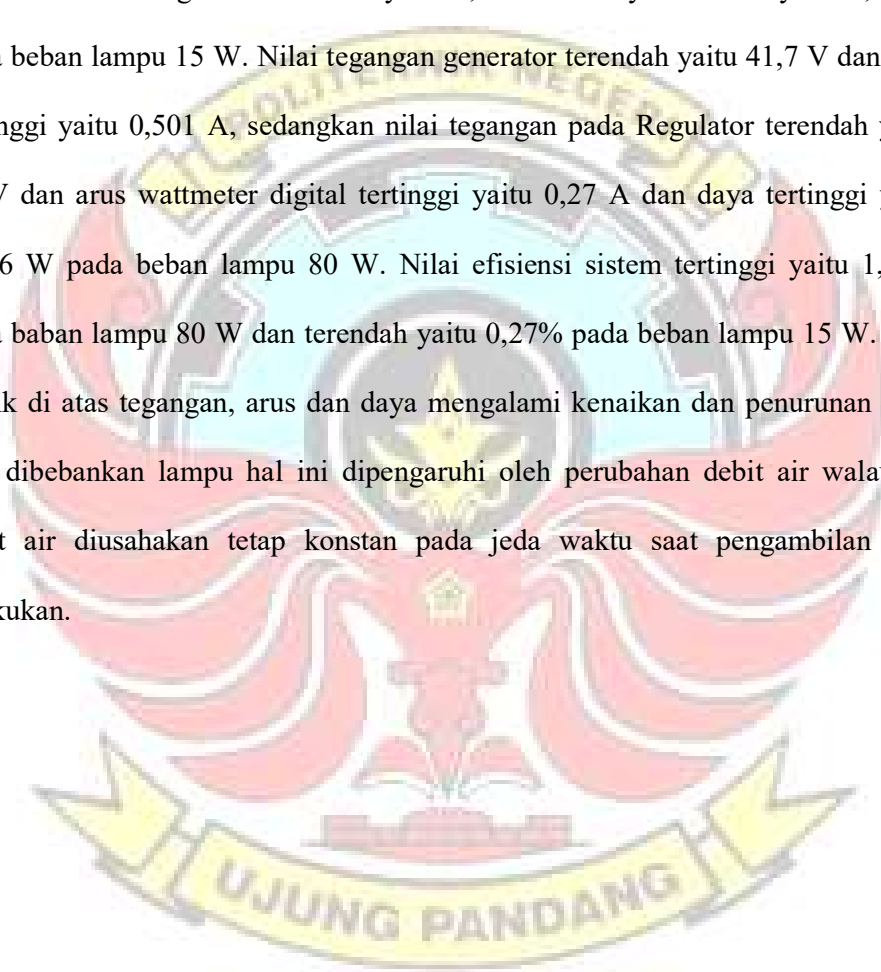
Berdasarkan grafik di atas, hubungan tegangan dan arus terhadap beban lampu AC, di mana tegan berbanding terbalik dengan arus apabila beban lampu bertambah. Nilai tegangan generator tertinggi yaitu 41 V dan arus generator terendah yaitu 0,248 A, sedangkan nilai tegangan pada Regulator tertinggi yaitu

99 V dan arus Regulator terendah yaitu 0,11 A dan daya terendah yaitu 10,01 W pada beban lampu 40 W. Nilai tegangan generator terendah yaitu 30,6 V dan arus tertinggi yaitu 0,612 A, sedangkan nilai tegangan pada Regulator terendah yaitu 71 V dan arus Regulator tertinggi yaitu 0,29 A dan daya tertinggi yaitu 21,17 W pada beban lampu 120 W. Nilai efisiensi sistem tertinggi yaitu 1,42% pada baban lampu 120 W dan terendah yaitu 0,67% pada beban lampu 40 W. Dari grafik di atas tegangan, arus dan daya mengalami kenaikan dan penurunan pada saat dibebankan lampu hal ini dipengaruhi oleh perubahan debit air walaupun debit air diusahakan tetap konstan pada jeda waktu saat pengambilan data dilakukan.



Gambar 4. 17 Hubungan Waktu Operasi Terhadap Tegangan, Arus, Daya, dan Efisiensi Sistem dengan Beban Lampu AC 15 W, 40 W dan 80 W pada Debit Berfluktuasi Sekitar 0,025 m³/s

Berdasarkan grafik di atas, hubungan tegangan dan arus terhadap beban lampu AC, di mana tegan berbanding terbalik dengan arus apabila beban lampu bertambah. Nilai tegangan generator tertinggi yaitu 46,3 V dan arus generator terendah yaitu 0,112 A, sedangkan nilai tegangan pada Regulator tertinggi yaitu 106 V dan arus Regulator terendah yaitu 0,04 A dan daya terendah yaitu 4,04 W pada beban lampu 15 W. Nilai tegangan generator terendah yaitu 41,7 V dan arus tertinggi yaitu 0,501 A, sedangkan nilai tegangan pada Regulator terendah yaitu 88 V dan arus wattmeter digital tertinggi yaitu 0,27 A dan daya tertinggi yaitu 23,76 W pada beban lampu 80 W. Nilai efisiensi sistem tertinggi yaitu 1,60% pada baban lampu 80 W dan terendah yaitu 0,27% pada beban lampu 15 W. Dari grafik di atas tegangan, arus dan daya mengalami kenaikan dan penurunan pada saat dibebankan lampu hal ini dipengaruhi oleh perubahan debit air walaupun debit air diusahakan tetap konstan pada jeda waktu saat pengambilan data dilakukan.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Daya output tertinggi pada system DC yaitu 9,38 Watt pada beban 20 Watt dengan debit 0,02 m³/s dan terendah yaitu 2,14 Watt pada beban 20 Watt dengan debit 0,016 m³/s. Daya output tertinggi pada system AC yaitu 23,76 Watt pada beban 80 Watt dan terendah yaitu 4,04 Watt pada beban 15 Watt.
2. Efisiensi tertinggi pada sistem DC yang diperoleh adalah pada kondisi berbeban debit 0.02 m³/s dengan nilai efisiensi sebesar 0,80 % dengan beban lampu 20 W dan efisiensi terendah sebesar 0,22 % pada beban lampu 20 W pada debit 0,016 m³/s. Efisiensi tertinggi pada sistem AC yang diperoleh adalah pada kondisi berbeban debit 0,025 m³/s dengan nilai efisiensi sebesar 1,60 % dengan beban lampu 80 W dan efisiensi terendah sebesar 0,27 % pada beban lampu 15 W.

5.2 Saran

Sebaiknya pada pengembangan selanjutnya, peneliti lebih memperhatikan konstruksi turbin dan penstock serta pemasangan komponen yang digunakan agar data-data yang dihasilkan lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Muammar dan Muh Tirta Radani. 2022. Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Tipe Turbin *cross-Flow*. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Abimanyu, Arianda. 2018. Perancangan Generator Menggunakan Motor Induksi 1 Fasa, Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Anjar, S. (2003). Pengembangan Turbin Air Tipe Cross-flow Diameter Runner 400 mm. Dalam *Kedeputan Ilmu Pengetahuan Teknik*, 2.
- Arismunandar, A, DR, dan Kuwahara, S, DR. 1991. *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik jilid III: Gardu Induk*. Jakarta: Pradya Paramita.
- Buyung, Suriyanto. 2017. Analisis Pengaruh Tinggi Jatuhnya Air (Head) terhadap Daya Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Tipe Turbin Pelton, Sorong: Politeknik Katolik Saint Sorong.
- Dietzel, F., Sriyono, Dakso. 1993. *Turbin Pompa dan Kompresor*. Jakarta: Erlangga.
- Elbatran A.H., Yaakob, O.B., Ahmed, Y.M., and Shabara, H.M., 2015. *Operation, Performance and Economic Analysis of Low Head Micro-hydropower Turbines for Rural and Remote Areas*. Dalam *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 43 40–50.
- Fritz Dietzel, Dakso Sriyono, (1993), *Turbin Pompa dan Kompresor*, Erlangga, Jakarta.
- Ma'Ali, Nashrul. 2017. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Kepung Kabupaten Kediri, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Mafruddin, & Marsuki. (2017). Pengaruh Bukaannya Guide Vane terhadap Kinerja Turbin Pikohidro Tipe Crossflow. Dalam *Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*, 31-37.
- Nataida, Veronika. 2022. *Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh) Model Hybrid Turbin Archimedes Dan Turbin Crossflow*. Jakarta: Politeknik Negeri Jakarta.
- Pratilastiarso, J., & Hamka, M. (2016). Rancang Bangun PLTMH Menggunakan Turbin *Crossflow* Berkapasitas 1 kW Untuk Daerah Terpencil Dengan Sumber Air Terbatas., (hal. 1-7). Yogyakarta.
- SNI 8397:2017, *Panduan Studi Kelayakan Pembangunan PLTMH Edited*.
- Zar, W. T. 2019. *Design, Construction and Performance Test of Cross-Flow Turbine*. Dalam *International Journal of Mechanical And Production Engineering*, ISSN: 2320-2092, Volume- 4.

Zia, Obaid. 2010. *Design, Fabrication and Instalation of Amicro-Hydro Power Plant. Faculty of Mechanical Engineering, GIK Institute of Engineering Sciences & Technology*



LAMPIRAN



Lampiran 1 Tabel Data Hasil Pengujian

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Tanpa Beban Tidak Terkoneksi Puli pada Debit Berfluktuasi Sekitar 0,016 m³/s

Percobaan Tanpa Beban Tidak terkoneksi Puli							
No.	Putaran Poros Turbin (rpm)						Putaran Poros Rata-rata (rpm)
1	62,4	67,9	59,4	61,5	63,8	62,1	62,85
2	68,3	65,6	72,4	69,9	71,8	75,9	70,65
3	76,7	65,4	77,1	73,1	68,6	75,2	72,68
4	79,8	81,4	84,3	84,7	89,6	92,4	85,37
5	123,1	132,2	39,4	145,6	147	166,9	125,7
6	183,4	180,7	187,3	185,1	189,8	192,5	186,47
rata-rata total							100,6194

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Tanpa Beban Tidak Terkoneksi Puli pada Debit Berfluktuasi Sekitar 0,02 m³/s

Percobaan Tanpa Beban Tidak terkoneksi Puli							
No.	Putaran Poros Turbin (rpm)						Putaran Poros Rata-rata (rpm)
1	152,7	149,3	154,1	151,1	150,6	153,9	151,95
2	181,4	182,1	179,8	179,1	185,4	191,9	183,28
3	197,1	189,8	194,2	191,4	198,9	209,8	196,87
4	285,9	301,8	295,8	291,3	298,4	304,7	296,32
5	309,6	311,1	308,7	316,3	321,8	329,4	316,15
6	325,3	331,7	330,6	332,8	333,6	330,4	330,73
rata-rata total							245,883

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Tanpa Beban Tidak Terkoneksi Puli pada Debit Berfluktuasi Sekitar 0,027 m³/s

Percobaan Tanpa Beban Tidak terkoneksi Puli							
No.	Putaran Poros Turbin (rpm)						Putaran Poros Rata-rata (rpm)
1	530,7	529,9	585,1	537,4	600,8	595,6	563,25
2	549,1	557,2	554,8	579,1	581,1	574,4	565,95
3	570,6	574,9	571,1	582,5	584,1	580,5	577,28
4	570,6	643,8	637,4	633,4	645,3	641,4	628,65
5	637,2	635,6	639,1	645,7	650,2	674,8	647,1
6	719,9	622,2	661,3	658,1	669,1	695,4	671,00
rata-rata total							608,87



Tabel 4. Data Hasil Pengujian Berbeban dengan Tegangan DC

Percobaan dengan Beban Lampu DC												
No	Debit (m ³ /s)	Jam	Generator (AC)		Wattmeter Digital (DC)		Beban Lampu			Putaran Poros Turbin (rpm)	Putaran Puli Turbin (rpm)	Putaran Puli Generator (rpm)
			V (AC)	I (AC)	V (DC)	I (DC)	20 W	20 W	20 W			
1	0.016	7:40:00 AM	9.1	0.187	12.6	0.17	20 W			52,8	52.1	223.6
2		7:50:00 AM	8.6	0.186	11.9	0.18				50.9	50.5	217.1
3		8:00:00 AM	8.9	0.186	12.2	0.19				51.2	50.6	215.4
4		8:10:00 AM	8	0.184	10.5	0.22	40 W			49.4	47.7	201.3
5		8:20:00 AM	7.9	0.184	10.3	0.23				49.2	45.1	199.3
6		8:30:00 AM	7.8	0.183	9.9	0.23				48.7	46.9	198.5
7		8:40:00 AM	7	0.191	9.9	0.24	60 W			47.7	46.1	197.3
8		8:50:00 AM	6.9	0.191	9.8	0.24				46.9	45.1	196.8
9		9:00:00 AM	6.9	0.19	9.8	0.24				46.7	45.4	197.1
10	0.02	9:10:00 AM	21.9	0.129	29.3	0.32	20 W			132.4	130.7	561.6
11		9:20:00 AM	20.5	0.129	28.5	0.3				130	128.9	541.1
12		9:30:00 AM	20.3	0.129	28.1	0.3				130.6	129,5	546.9
13		9:40:00 AM	8.8	0.269	12.1	0.3	40 W			96.8	94.3	274.4
14		9:50:00 AM	8.7	0.269	11.3	0.3				95.7	87.5	230.6
15		10:00:00 AM	8.3	0.269	11	0.3				95.1	89.4	238.2
16		10:10:00 AM	7.7	0.245	10.7	0.3	60 W			90.8	90.2	215.7
17		10:20:00 AM	7.7	0.245	10.4	0.3				90.2	89.6	214.3
18		10:30:00 AM	7.2	0.245	10.3	0.3				89.9	89.3	214.1

Tabel 5. Data Hasil Pengujian Berbeban dengan Tegangan AC

Percobaan dengan Beban Lampu AC												
No	Debit (m ³ /s)	Jam	Generator (AC)		Regulator (AC)		Beban Lampu			Putaran Poros Turbin (rpm)	Putaran Puli Turbin (rpm)	Putaran Puli Generator (rpm)
			Vgen (AC)	Igen (AC)	V(AC)	I(AC)	15 W	15 W	15 W			
1	0,025	13:00:00	46,6	0,132	100	0,05	15 W			246,3	249,2	1126,7
2		13:10:00	44,6	0,13	100	0,05				246,8	250,9	1115,3
3		13:20:00	45,8	0,13	99	0,05				247,9	242,5	1110,5
4		13:30:00	42,9	0,128	98	0,05				241,9	240,2	1102,8
5		13:40:00	43,4	0,124	97	0,05				238,6	223,1	1064,5
6		13:50:00	44,8	0,131	97	0,05				245,1	234,7	1118,9
7		14:00:00	43,3	0,209	96	0,09	30 W			261,4	264,4	1049,1
8		14:10:00	40,6	0,21	95	0,09				241,6	244,4	999,3
9		14:20:00	42,4	0,209	92	0,09				228,4	234,3	992,7
10		14:30:00	41,8	0,209	92	0,09				279,7	270,3	981,9
11		14:40:00	44,7	0,214	93	0,09				331,7	336,2	991,8
12		14:50:00	42,8	0,212	91	0,09				291,8	300,6	995,1
13		15:00:00	42,1	0,295	86	0,13	45 W			227,5	229,3	986,5
14		15:10:00	41,4	0,294	87	0,13				223,5	238,1	999,4
15		15:20:00	42,6	0,297	88	0,13				231,8	230,4	848,4
16		15:30:00	43	0,297	87	0,13				233,9	228,1	830,5
17		15:40:00	43,1	0,28	84	0,13				246,3	251,5	951,8
18		15:50:00	43,1	0,277	81	0,13				249,5	229,5	881,7

Tabel 6. Data Hasil Pengujian Berbeban dengan Tegangan AC

Percobaan dengan Beban Lampu AC												
No	Debit (m ³ /s)	Jam	Generator (AC)		Regulator (AC)		Beban Lampu			Putaran Poros Turbin (rpm)	Putaran Puli Turbin (rpm)	Putaran Puli Generator (rpm)
			Vgen (AC)	Igen (AC)	V(AC)	I(AC)	40 W	40 W	40 W			
1	0,025	16:12:00	41	0,248	99	0,11	40 W			209,9	223,8	1004,1
2		16:24:00	40,1	0,39	91	0,11				211,5	227,2	1016,7
3		16:36:00	40,5	0,395	93	0,11				245,1	234	945,7
4		16:48:00	40,8	0,42	84	0,21	80 W			208,2	210	933,7
5		17:00:00	38,2	0,423	84	0,21				219,1	210,5	829,3
6		17:12:00	39,2	0,44	83	0,21				229,7	215,7	988,9
7		17:24:00	37,3	0,567	73	0,29	120 W			183,1	178	802,3
8		17:36:00	33,4	0,607	72	0,28				176,9	177	872,6
9		17:48:00	30,6	0,612	71	0,29				203,4	190,9	833,6

Tabel 7. Data Hasil Pengujian Berbeban dengan Tegangan AC

Percobaan dengan Beban Lampu AC												
No	Debit (m ³ /s)	Jam	Generator (AC)		Regulator (AC)		Beban Lampu			Putaran Poros Turbin (rpm)	Putaran Puli Turbin (rpm)	Putaran Puli Generator (rpm)
			V(AC)	I(AC)	V(AC)	I(AC)	15 W	25 W	40 W			
1	0,025	08:30:00	42,1	0,112	106	0,05	15 W			225,5	249,9	978,1
2		08:40:00	44,7	0,125	101	0,04				244,3	246,5	1022,1
3		08:50:00	46,3	0,126	100	0,05				252	243,2	1101
4		09:00:00	42,3	0,263	100	0,11	40 W			239,3	241,1	971,2
5		09:10:00	42,6	0,254	99	0,12				222,7	231,2	1064,7
6		09:20:00	43,4	0,27	98	0,12				227	222,1	1038,7
7		09:30:00	42,1	0,501	95	0,22	80 W			232,4	240,4	1003,1
8		09:40:00	41,7	0,498	92	0,23				222,4	235,8	997,5
9		09:50:00	44,1	0,453	88	0,27				268,9	265,5	1088,3

Lampiran 2 Tabel Hasil Analisis Data

Tabel 1. Hasil Analisis Pengujian Berbeban dengan Tegangan DC

Pengujian Beban Lampu dengan Debit Bervariasi														
No.	Rata-Rata							Daya Input (W)	Daya Output (W)		Efisiensi (%)		Beban Lampu	Debit (m ³ /s)
	V(AC)	I(AC)	V(DC)	I(DC)	Putaran Poros Turbin (rpm)	Putaran Puli Turbin (rpm)	Putaran Puli Generator (rpm)		AC	DC	AC	DC		
	1	8,87	0,19	12,23	0,18	51,05	51,07		218,70	958,89	1,65	2,2		
2	7,90	0,18	10,23	0,23	49,10	46,57	199,70	958,89	1,45	2,32	0,15	0,24	40 W	
3	6,93	0,19	9,83	0,24	47,10	45,53	197,07	958,89	1,32	2,36	0,14	0,25	60 W	
4	20,90	0,13	28,63	0,31	131,00	129,80	549,87	1177	2,70	8,78	0,23	0,75	20 W	0,02
5	8,60	0,27	11,47	0,30	95,87	90,40	247,73	1177	2,31	3,44	0,20	0,29	40 W	
6	7,53	0,25	10,47	0,30	90,30	89,70	214,70	1177	1,85	3,14	0,16	0,27	60 W	

Tabel 2. Hasil Analisis Pengujian Berbeban dengan Tegangan AC

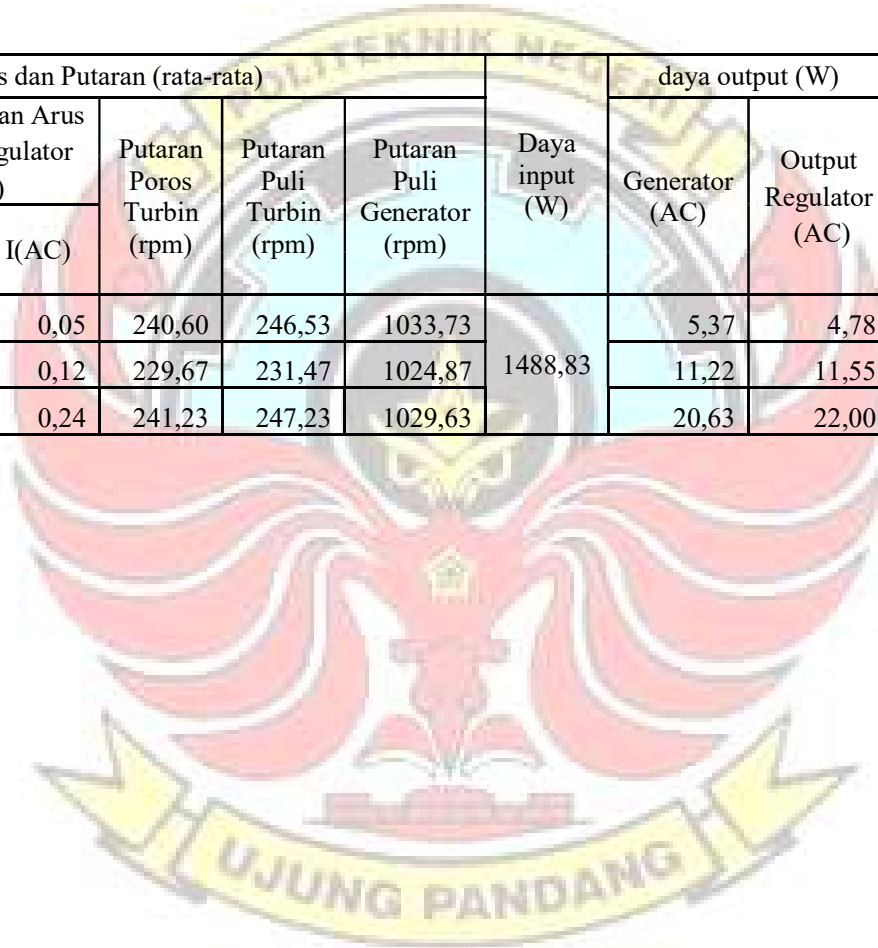
No.	Tegangan, Arus dan Putaran (rata-rata)							Daya Input (W)	Daya Output (W)		Efisiensi (%)		Beban Lampu	Debit (m ³ /s)
	Tegangan dan Arus Generator (AC)		Tegangan dan Arus Output Regulator (AC)		Putaran Poros Turbin (rpm)	Putaran Puli Turbin (rpm)	Putaran Puli Generator (rpm)		Generator (AC)	Output Regulator (AC)	Sistem (output generator) (AC)	Sistem (output regulator) (AC)		
	V(AC)	I(AC)	V(AC)	I(AC)										
1	44,68	0,13	98,50	0,05	244,43	240,10	1106,45	5,77	4,93	0,39	0,33	15 W	0,025	
2	42,60	0,21	93,17	0,09	272,43	275,03	1001,65	8,97	8,39	0,60	0,56	30 W		
3	42,55	0,29	85,50	0,13	235,42	234,48	916,38	12,34	11,12	0,83	0,75	45 W		

Tabel 3. Hasil Analisis Pengujian Berbeban dengan Tegangan AC

No.	Tegangan, Arus dan Putaran (rata-rata)						Daya Input (W)	Daya Output (W)		Efisiensi (%)		Beban Lampu	Debit (m ³ /s)	
	Tegangan dan Arus Generator (AC)		Tegangan dan Arus Output Regulator (AC)		Putaran Poros Turbin (rpm)	Putaran Puli Turbin (rpm)		Putaran Puli Generator (rpm)	Generator (AC)	Output Regulator (AC)	Sistem (output generator) (AC)			Sistem (output regulator) (AC)
	V(AC)	I(AC)	V(AC)	I(AC)										
1	40,53	0,34	94,33	0,11	222,17	228,33	988,83	13,96	10,38	0,94	0,70	40 W	0,025	
2	39,40	0,43	83,67	0,21	219,00	212,07	917,30	1488,83	16,85	17,57	1,13	1,18		80 W
3	33,77	0,60	72,00	0,29	187,80	181,97	836,17	20,10	20,64	1,35	1,39	120 W		

Tabel 4. Hasil Analisis Pengujian Berbeban dengan Tegangan AC Bervariasi

No.	Tegangan, Arus dan Putaran (rata-rata)							Daya input (W)	daya output (W)		Efisiensi (%)		Beban Lampu	Debit (m ³ /s)
	Tegangan dan Arus Generator (AC)		Tegangan dan Arus Output Regulator (AC)		Putaran Poros Turbin (rpm)	Putaran Puli Turbin (rpm)	Putaran Puli Generator (rpm)		Generator (AC)	Output Regulator (AC)	Sistem (output generator) (AC)	Sistem (output regulator) (AC)		
	V(AC)	I(AC)	V(AC)	I(AC)										
1	44,37	0,12	102,33	0,05	240,60	246,53	1033,73	1488,83	5,37	4,78	0,36	0,32	15 W	0,025
2	42,77	0,26	99,00	0,12	229,67	231,47	1024,87		11,22	11,55	0,75	0,78	40 W	
3	42,63	0,48	91,67	0,24	241,23	247,23	1029,63		20,63	22,00	1,39	1,48	80 W	



Lampiran 3 Dokumentasi Kegiatan



Gambar 1. Proses Konstruksi Penstock



Gambar 2. Proses Pengelasan Dudukan Generator



Gambar 3. Proses Pemasangan Turbin



Gambar 4. Pengujian Instalasi Kelistrikan



Gambar 5. Bersama Pembimbing II Persiapan ke Lokasi Pengujian Dusun Tombolo



Gambar 6. Pengangkutan Alat dan Bahan Menuju Lokasi Pengujian Dusun Tombolo, Desa Tompobulu, Kecamatan Tompobulu, Kabupaten Maros, Prov. Sulawesi Selatan



Gambar 7. Proses Pemasangan Pipa Penstock



Gambar 8. Proses Pemasangan Rangka Dudukan PLTMH



Gambar 9. Proses Pemasangan PLTMH



Gambar 10. Pengecekan Air pada Bak Penenang



Gambar 11. Proses Pengambilan Data Berbeban Tegangan DC



Gambar 12. Proses Pengambilan Data Berbeban Tegangan AC



Gambar 13. Penyelesaian Pengujian PLTMH



Gambar 14. Pengangkutan Alat dan Bahan Pengujian PLTM



JURUSAN TEKNIK MESIN
PROGRAM STUDI D3 TEKNIK KONVERSI ENERGI
POLETEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR 2023

KARTU ASISTENSI

Judul Tugas Akhir : "Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)
Menggunakan Turbin Tipe *Cross-Flow*"

Nama : Nur Apiqah Akbar 342 20 003

Muh. Alif Fata Hilla T. 342 20 024

Kelas : 3A Teknik Konversi Energi

No	Tanggal	Kegiatan	Uraian/Revisi	Paraf pembimbing
1	27/02/2023	KA	Diskusi perihal konstruksi PLTMH	
2	22/05/2023	KA	Diskusi perihal penstok PLTMH	
3	5/06/2023	KA	Diskusi perihal komponen alat	
4	9/06/2023	KA	Konsultasi instrument instalasi kelistrikan PLTMH	
5	14/06/2023	KA	Pengecekan instalasi kelistrikan PLTMH	
6	22/06/2023	KA	Konsultasi instalasi kelistrikan PLTMH saat pengujian	
7	2/08/2023	Asistensi	Perbaiki analisa, grafik, pembahasan & kesimpulan	
8	11/08/2023	KA	by Utiar FA.	

Disahkan, 11 Agustus 2023
Pembimbing I

Musrady Mulyadi, S.ST., M.T
NIP. 19720201 200112 1 002



JURUSAN TEKNIK MESIN
PROGRAM STUDI D3 TEKNIK KONVERSI ENERGI
POLETEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR 2023

KARTU ASISTENSI

Judul Tugas Akhir : "Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Menggunakan Turbin Tipe *Cross-Flow*"

Nama : Nur Apiqah Akbar 342 20 003

Muh. Alif Fata Hilla T. 342 20 024

Kelas : 3A Teknik Konversi Energi

No	Tanggal	Kegiatan	Uraian/Revisi	Paraf pembimbing
1	19/04/2023		Konsultasi lokasi pengujian alat	
2	25/04/2023		Konsultasi konstruksi alat	
3	22/05/2023		Diskusi perihal Penstok PLTMH	
4	19/06/2023		Diskusi perihal Instrumen kelistrikan	
5	3/08/2023	Asistensi	perhatikan Typo (Format)	
6			lampran	
7			asumsi alat dokumen	
8	11/8/2023		Ace say y dseminasi	

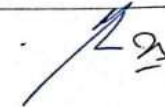


Disahkan, 11-8 2023
Pembimbing II

Sri Suwasti, S.ST., M.T
NIP.19741123 200112 2 001

LEMBAR REVISI JUDUL TUGAS AKHIR

Nama : Nur Apiqah Akbar/Muh. Alif Fata Hilla.T
 NIM : 34220003/34220024

Catatan Daftar Revisi Penguji :

No.	Nama	Uraian	Tanda Tangan
1	A.M. Shiddiq	Revisi Generator	
2	Nur Rahma	-	
3	Loung	Data turbin, Generator Rumus efisiensi	
4	Apollo	- Standar Pengujian? - Putaran Nominal? - Tegangan Nominal? - Kesimpulan Layuh/Fiduk?	

Makassar, 18 Agustus 2023
 Ketua Ujian Sidang,



Apollo, S.T., M.Eng.
 NIP 196907231993031002

Catatan: Jika ada perubahan Judul Tugas Akhir konfirmasi secepatnya ke bagian Akademik.

