

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH)
BERBASIS DIGITAL**



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**

ANDIKA HAMSAH 342 22 053

PUTRI APRILYA R 342 20 062

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

2023

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan tugas akhir dengan judul “**Rancang Bangun Sistem Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Berbasis Digital**”. Andika Hamsah NIM 34220053, dan Putri Aprilya R NIM 34220062 dinyatakan telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, November 2023

Pembimbing I



Muh. Yusuf Yunus, S.ST., M.T.
NIP. 19800820 200501 1 001


Pembimbing II



Sukma Abadi, S.T., M.T.
NIP. 19751024 200312 1 001



Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin,


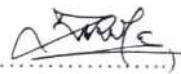

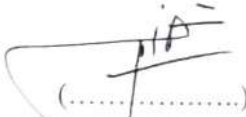

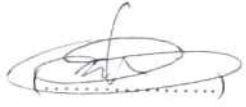

Syaharuddin Rasyid, M.T
NIP. 19680105 199403 1 001

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, tanggal 15 September 2023, Tim Penguji Ujian Sidang Laporan Tugas Akhir telah menerima dengan baik Naskah Laporan Tugas Akhir oleh mahasiswa Andika Hamsah NIM 34220053, dan Putri Aprilya R NIM 34220062 dengan judul “**Rancang Bangun Sistem Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Berbasis Digital**”.

Makassar, September 2023

Tim Penguji Ujian Laporan Tugas Akhir:

- | | | |
|-------------------------------------|---------------|--|
| 1. Sonong, S.T., M.T. | Ketua | 
(.....) |
| 2. Nur Rahmah H. Anwar, S.T., M.T. | Sekretaris | 
(.....) |
| 3. Sri Suwasti, S.T., M.T. | Anggota I | 
(.....) |
| 4. Prof. Ir. Suryanto, M.Sc., Ph.D. | Anggota II | 
(.....) |
| 5. Muh. Yusuf Yunus S.ST., M.T | Pembimbing I | 
(.....) |
| 6. Sukma Abadi, S.T., M.T. | Pembimbing II | 
(.....) |

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa kita panjatkan kepada Allah SWT. Atas limpahan rahmat, ridha dan karunia-Nya Laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Rancang Bangun Sistem Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Berbasis Digital**” dapat terselesaikan sebagaimana mestinya. Shalawat serta salam tidak lupa dihaturkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Selama penulisan Laporan Tugas Akhir ini, banyak hal yang penulis alami baik suka maupun duka. Maka pada kesempatan kali ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak atas bimbingan, perhatian dan motivasi yang telah diberikan kepada penulis, antara lain:

1. Kedua Orang Tua dan keluarga penulis yang telah memberikan dukungan dan do'anya.
2. Bapak Ir. Ilyas Mansur Ansar, M.Si.,Ph.D. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Bapak Dr. Ir. Syarifuddin 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.
5. Bapak Muh. Yusuf Yunus, S.ST., M.T. dan Bapak Sukma Abadi, S.T., M.T. selaku Dosen Pengarah yang telah banyak membantu dan membimbing dalam mengerjakan tugas akhir ini.
6. Bapak Muh. Yusuf Yunus, S.ST., M.T. selaku Wali Kelas 3C D-3 Teknik Konversi Energi.

7. Segenap dosen Jurusan Teknik Mesin pada umumnya dan Program Studi Teknik Konversi Energi pada khususnya yang selama kurun waktu 3 tahun dengan ikhlas dan penuh kerelaan hati telah mendidik dan mengajar kami, serta para staf dan teknisi Program Studi Teknik Konversi Energi.
8. Seluruh teman-teman seperjuangan D-3 Teknik Konversi Energi untuk kerjasama yang telah dilakukan dalam melewati proses pembelajaran selama tiga tahun di Politeknik Negeri Ujung Pandang.
9. Ucapan terima kasih dan penghargaan juga disampaikan kepada keluarga besar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini demi perbaikan pada masa mendatang. Semoga laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi pembacanya.

Makassar, Agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PENERIMAAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR SIMBOL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
SURAT PERNYATAAN.....	xi
RINGKASAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup Kegiatan.....	3
1.4 Tujuan Kegiatan.....	3
1.5 Manfaat Kegiatan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga <i>Mikrohidro</i> (PLTMH)	5
2.2 Prinsip Kerja PLTMH	7
2.3 Turbin Air	8
2.4 Turbin Pelton	8
2.5 Generator	9
2.6 Mikrokontroler	10
2.7 Jenis-jenis sensor.....	13
2.7.1 Wattmeter.....	13
2.7.2 Sensor Infrared FC-51	13
2.7.3 Sensor Flow Meter	14
2.8 LCD (liquid Crystal Display).....	15
2.9 Pompa Air.....	16

2.10	Nozel	17
2.11	Pulley.....	19
2.12	Sabuk (Belt).....	19
2.13	Bearing	19
BAB III METODE KEGIATAN		21
3.1	Tempat dan Waktu Kegiatan	21
3.2	Alat dan Bahan.....	21
3.3	Prosedur Kerja	22
3.3.1	Studi Literatur	22
3.3.2	Tahap Perancangan.....	22
3.3.3	Tahap Pembuatan dan Perakitan	24
3.4	Metode Analisa Data	29
BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN.....		31
4.1	Hasil Kegiatan.....	31
4.2	Langkah Pengujian.....	32
4.3	Hasil Pengujian	33
4.4	Deskripsi Hasil Kegiatan	35
4.5	Analisis Data.....	36
4.6	Grafik dan Pembahasan	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		42
5.1	Kesimpulan	42
5.2	Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA		43
Lampiran A Programan		45
Lampiran B Dokumentasi Kegiatan.....		47
Lampiran C Pengujian Tugas Akhir		49
Lampiran D Rangkaian Arduino.....		51
Lampiran E Pin Rangkaian Output		52

DAFTAR TABEL

Tabel 2 1 Spesifikasi Arduino UNO R3.....	13
Tabel 3 1. Daftar alat yang digunakan.....	20
Tabel 3 2. Daftar bahan yang digunakan.....	20
Tabel 3 3. Parameter-parameter yang akan Diukur dalam Pengujian.....	27
Tabel 4. 1 Data Hasil Pengujian Tanpa beban Pada Bukaannya Katup 45°.....	30
Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian Tanpa beban Pada Bukaannya Katup 90°.....	31
Tabel 4. 3 Data Hasil Pengujian Berbeban pada Bukaannya Katup 45°.....	31
Tabel 4. 4 Data Hasil Pengujian Berbeban pada Bukaannya Katup 90°.....	32
Tabel 4. 5 Hasil Analisis Pengujian Berbeban pada Bukaannya Katup 45°.....	35
Tabel 4. 6 Hasil Analisis Pengujian Berbeban pada Bukaannya Katup 90°.....	35



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2 1. Turbin Pelton	9
Gambar 2 2 Prinsip Kerja Generator.....	11
Gambar 2 3 Arduino UNO R3.....	12
Gambar 2 4 Wattmeter	14
Gambar 2 5 Sensor ainfrared FC-51	14
Gambar 2 6 Sensor Flow Meter.....	15
Gambar 2 7 Bentuk Fisik LCD	16
Gambar 2 8 Bentuk Nozel	16
Gambar 2 9 Bentuk Pulley	17
Gambar 2 10 Bentuk Sabuk (Belt).....	19
Gambar 2 11 Bentuk Bearing	19
Gambar 3 1. Sketsa PLTMH Sistem Sirkulasi Air.....	22
Gambar 3 2. Blok Diagram Perancangan Alat.....	23
Gambar 3 3. Rancang PLTMH dengan sistem sirkulasi air	25
Gambar 3 4. Flowchart sistem monitoring	26
Gambar 3 5. Flowchart kegiatan.....	27
Gambar 3 6. Flowchart Arduino	28
Gambar 4. 1 PLTMH	31
Gambar 4. 1 Grafik Hubungan antara Daya Input dengan Tegangan Tanpa Beban pada Bukaan Katup 45° dan Katup 90°.....	40
Gambar 4. 2 Grafik Hubungan antara Daya Input dengan Efisiensi Turbin pada Bukaan Katup 45° dan Katup 90°.....	41

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
Q	Laju aliran air (debit)	Meter kubik per sekon (m^3/s)
G	Gravitasi	Meter per sekon persegi (m/s^2)
H	Ketinggian	Meter (m)
V	Kecepatan fluida	Meter per sekon (m/s)
P _{in}	Daya input	Watt
P _{out}	Daya output	Watt
V _g	Tegangan generator	Volt
I _g	Arus generator	Ampere
η	Efisiensi	%



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Programan	47
Lampiran B Dokumentasi Kegiatan.....	49
Lampiran C Perhitungan Debit Pompa	51
Lampiran D Rangkaian Output.....	52



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Putri Aprilya R

Nim : 342 20 062

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Berbasis Digital” merupakan gagasan, hasil karya saya 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, 18 Agustus 2023

Putri Aprilya R

NIM. 342 20 062

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Andika Hamsah

Nim : 342 20 053

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Berbasis Digital” merupakan gagasan, hasil karya saya 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, 18 Agustus 2023

Andika Hamsah

NIM. 342 20 053

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH)
BERBASIS DIGITAL**

RINGKASAN

PLTMH merupakan suatu pembangkit listrik skala kecil yang memanfaatkan aliran air sebagai tenaga (resources) untuk menggerakkan turbin. Di Indonesia banyak aliran sungai yang memadai untuk dijadikan sebagai PLTMH pada skala tersebut terutama pada daerah pedesaan. Salah satu potensi tenaga air yang dapat dimanfaatkan untuk PLTMH adalah dengan cara sistem sirkulasi air pada sistem pembangkit listrik mikrohidro, misalnya sumber daya alam yang kita butuhkan dalam membangkitkan listrik ini (air) tidak perlu harus dari sungai yang mengalir atau air terjun, kita bisa menggunakan air pada satu wadah yang dapat membangkitkan listrik dengan cara sirkulasi air.

Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk melakukan praktikum PLTMH di Politeknik Negeri Ujung Pandang. Selain itu, kinerja dari pompa pengisi bak penampung dapat dihitung tanpa beban yang kemudian ditambahkan beban yaitu lampu pijar. Metode kegiatan ini dimulai dari tahap perancangan, pembuatan dan perakitan, lalu kemudian dilakukan pengujian dan pengambilan data.

Berdasarkan penelitian diperoleh bahwa rancang bangun pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Maka dilakukan pembuatan sistem monitoring berbasis digital, dimana sistem kontrol yang dibuat berfungsi secara digital untuk menghasilkan nilai pengukuran pada layar LCD, dan pompa listrik mengalirkan air apabila power suplay mengirim sinyal dengan mengikuti volume air yang telah ditentukan.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan zaman yang terus meningkat, mengakibatkan kebutuhan akan energi semakin meningkat. Hal ini menggambarkan bahwa energi merupakan suatu unsur yang sangat penting untuk perkembangan suatu Negara atau daerah. Sebagian besar Negara di dunia khususnya Indonesia, suplai energi listrik masih mengandalkan pembangkit yang menggunakan bahan bakar fosil yakni minyak bumi, gas alam, dan batu bara. Dimana bahan bakar fosil ini sangat terbatas jumlahnya di alam bahkan akan habis jika digunakan secara terus menerus. sementara kebutuhan akan energi listrik terus bertambah seiring dengan perkembangan zaman dan pertumbuhan penduduk yang terus meningkat (Arismunandar dan Wiranto, 1997).

Salah satu bentuk energi alternatif adalah Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) merupakan suatu pembangkit listrik skala kecil yang memanfaatkan aliran air sebagai tenaga (resources) dikarenakan energi air mempunyai energi potensial yang dapat dimanfaatkan untuk memutar turbin yang terhubung dengan generator yang kemudian akan menghasilkan daya listrik (Bono dan Indarto, 2008).

PLTMH merupakan suatu pembangkit listrik skala kecil yang memanfaatkan aliran air sebagai tenaga (resources) untuk menggerakkan turbin. Di Indonesia banyak aliran sungai yang memadai untuk dijadikan sebagai PLTMH pada skala tersebut terutama pada daerah pedesaan. Salah satu potensi tenaga air yang dapat

dimanfaatkan untuk PLTMH adalah dengan cara sistem sirkulasi air pada sistem pembangkit listrik mikrohidro, misalnya sumber daya alam yang kita butuhkan dalam membangkitkan listrik ini (air) tidak perlu harus dari sungai yang mengalir atau air terjun, kita bisa menggunakan air pada satu wadah yang dapat membangkitkan listrik dengan cara sirkulasi air (Bono dan Indarto, 2008).

Berdasarkan Ceri Steward Poedjosoedarmo (2013), Syamsul Kamal dan Prajitno (2013), Bono dan Indarto (2008) bahwa permasalahan ketergantungan dengan energi fosil dikurangi dengan melakukan suatu upaya mencari alternatif energi lain yakni energi air. Salah satunya adalah pembangkit listrik tenaga air menggunakan turbin pelton. Turbin pelton merupakan salah satu jenis turbin air yang prinsip kerjanya memanfaatkan energi potensial air sebagai energi listrik tenaga air. Prinsip kerja turbin pelton adalah memanfaatkan daya fluida dari air untuk menghasilkan daya poros. Putaran poros turbin ini akan diubah oleh generator menjadi tenaga listrik.

Sistem monitoring pada PLTMH telah dibahas oleh Salsabila Dea Saraswati, 2022 memiliki kekurangan pada bagian monitoring karena masih menggunakan pengukuran manual. Oleh karena itu, diperlukan sistem monitoring PLTMH yang akan mempengaruhi dari segi informasi monitoring. Sistem monitoring demikian disebut sistem monitoring digital yang menggunakan beberapa sensor, yaitu sensor Arus, tekanan, flow, kecepatan turbin agar menghasilkan nilai pengukuran yang akurat.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penulis akan membuat pengembangan alat dengan judul **“RANCANG BANGUN SISTEM**

MONITORING PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH) BERBASIS DIGITAL”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang terdapat dalam latar belakang di atas, maka masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem monitoring kecepatan turbin dan tegangan keluaran generator pada PLTMH skala laboratorium berbasis digital?
2. Bagaimana unjuk kerja (efisiensi) pembangkit listrik tenaga mikrohidro menggunakan turbin Pelton berbasis digital?

1.3 Ruang Lingkup Kegiatan

Untuk memperjelas masalah yang akan dibahas dan agar tidak terjadi permasalahan yang meluas dan menyimpang, maka penulis membuat suatu batasan masalah. Adapun ruang lingkup permasalahan yang akan dibahas dalam penulisan Laporan Akhir ini yaitu:

1. Turbin pelton yang dibuat adalah skala laboratorium.
2. Head air menggunakan pompa.
3. Sistem monitoring berbasis digital.

1.4 Tujuan Kegiatan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan diatas, maka tujuan yang ingin dicapai yaitu sebagai berikut :

1. Dapat merancang suatu pembangkit listrik tenaga air sederhana dengan sistem monitoring berbasis digital.

2. Dapat mengetahui unjuk kerja efisiensi pembangkit listrik tenaga mikro hidro dengan berbasis digital.

1.5 Manfaat Kegiatan

Manfaat dari tugas akhir ini adalah dapat memudahkan praktikum dalam melakukan pengukuran kecepatan, arus, dan tegangan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) berbasis digital.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga *Mikrohidro* (PLTMH)

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. Tenaga air berasal dari aliran air yang dibendung dengan ketinggian tertentu dan memiliki debit sehingga dapat memutar turbin yang dihubungkan dengan generator listrik (Ma'ali, 2017).

Mikrohidro atau biasa disebut 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 beberapa komponen yaitu air (sebagai sumber energi), kincir dan generator. Mikrohidro mendapatkan energi dari aliran air yang memiliki perbedaan ketinggian tertentu. Pada dasarnya, mikrohidro memanfaatkan energi potensial jatuhan air (head). Berikut ini beberapa persamaan yang berkaitan dengan sistem PLTMH:

1. Head

$$H = \frac{\Delta P}{Q} \dots\dots\dots (2-1)$$

Keterangan :

ΔP = perubahan tekanan (N/m²)

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

2. Mengukur debit..... (2-2)

$$Q = \frac{V}{t}$$

Keterangan :

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

$$V = \text{volume (m}^3)$$

3. Daya input

$$P_{in} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \dots\dots\dots (2-3)$$

Keterangan :

$$P_{in} = \text{daya yang dibangkitkan turbin (Watt)}$$

$$\rho = \text{rapat massa air (1000 Kg/m}^3)$$

$$g = \text{percepatan gravitasi (9,81 m/s}^2)$$

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

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

4. Daya Output

$$P_{out} = V \cdot I \dots\dots\dots (2-4)$$

Keterangan :

$$V = \text{tegangan (V)}$$

$$I = \text{arus (A)}$$

5. Efisiensi

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \dots\dots\dots (2-5)$$

Keterangan :

$$P_{out} = \text{daya output (Watt)}$$

$$P_{in} = \text{daya input (Watt)}$$

2.2 Prinsip Kerja PLTMH

PLTMH pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya akan menggerakkan generator dan menghasilkan listrik.

PLTMH secara teknis terdiri dari tiga komponen utama yaitu :

1. Air sebagai sumber energi.
2. Turbin (pengubah energi potensial menjadi energi gerak / mekanis).
3. Generator (pengubah energi mekanis menjadi energi listrik).

Komponen pendukung yang diperlukan pada system ini adalah pulley, bantalan dan kopling. Listrik yang dihasilkan oleh generator dapat langsung ditransmisikan lewat kabel pada tiang-tiang listrik menuju rumah konsumen.

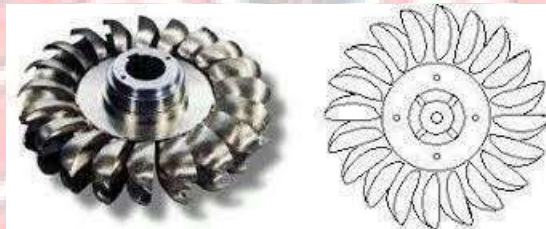
Untuk pembangkit yang akan saya terapkan ini sedikit berbeda karena Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro ini tidak membutuhkan aliran air sungai, disini pembangkit menggunakan sistem sirkulasi air, jadi pada pembangkit ini tidak membutuhkan air yang begitu banyak untuk menggerakkan turbin seperti pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro pada umumnya yang membutuhkan aliran sungai.

Pada Pembangkit ini hanya membutuhkan beberapa air yang ditampung pada bak penampung bawah, jadi pergerakan air akan dibantu dengan mesin pemompa air agar air yang berada dibawah bak penampung dapat disalurkan melalui pipa yang diujungnya telah dipasang nozzle yang berfungsi untuk mengarahkan pancaran air ke sudu-sudu turbin. Selanjutnya untuk buangan air dari turbin tersebut akan kembali ke penampungan air, jadi sistem inilah yang disebut dengan sistem sirkulasi air.

2.3 Turbin Air

Turbin air adalah turbin yang menggunakan air sebagai fluida kerjanya. Air mengalir dari tempat yang lebih tinggi menuju tempat yang lebih rendah. Dalam proses aliran didalam pipa, energi potensial berangsur-angsur berubah menjadi energi kinetik. Pada turbin, energi kinetik air diubah menjadi energi mekanis dimana air akan memutar roda turbin yang ditransmisikan pada generator untuk menghasilkan energi listrik.

Turbin air mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis. Energi mekanis diubah dengan generator listrik menjadi tenaga listrik. Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis. Aliran air yang mempunyai energi potensial akan disemprotkan ke sudu-sudu turbin oleh nozzle. Putaran dari sudu-sudu tersebut akan mengakibatkan poros turbin ikut bergerak dan kemudian putaran poros turbin akan diteruskan ke generator listrik untuk diubah menjadi energi listrik.



Gambar 2 1. Turbin Pelton
(Sumber: Sunyoto, 2013)

2.4 Turbin Pelton

Turbin pelton merupakan pengembangan dari turbin impuls yang ditemukan oleh S.N. Knight pada tahun 1872 dan N.J. Colena pada tahun 1873 dengan memasang mangkok-mangkok pada roda turbin. Setelah itu turbin impuls dikembangkan oleh orang amerika Lester G. Pelton pada tahun 1880 yang melakukan perbaikan dengan penerapan mangkok ganda simetris, punggung membelah membagi jet menjadi dua paruh yang sama yang dibalikkan

menyamping. Pada turbin pelton putaran terjadi akibat pembelokan pada mangkok ganda runner oleh sebab itu turbin pelton disebut juga sebagai turbin pancaran bebas.

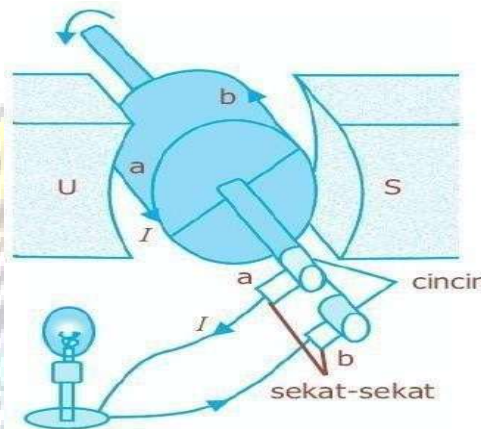
Bentuk sudu turbin terdiri dari dua bagian yang simetris. Sudu dibentuk sedemikian sehingga pancaran air akan mengenai tengah – tengah sudu dan pancara air tersebut akan berbelok ke kedua arah sehingga bisa membalikkan pancaran air dengan baik dan membebaskan sudu dari gaya – gaya samping. Turbin Pelton untuk pembangkit skala besar membutuhkan head lebih kurang 150 meter tetapi untuk skala mikro, head 20 meter sudah mencukupi. Turbin Pelton memiliki komponen utama yaitu sudu turbin, nozel dan rumah turbin. Berikut penjelasan mengenai komponen tersebut (Prapti dkk, 2015).

2.5 Generator

Generator merupakan peralatan utama penghasil listrik dan dapat mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Generator berfungsi mengubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik. Generator yang bekerja secara terus menerus tentunya akan mengalami penurunan efektifitas bahkan dapat mengalami kerusakan-kerusakan yang salah satunya disebabkan oleh faktor electrical yang terletak pada lilitan atau winding. Hal ini disebabkan karena generator mengalami kelebihan beban atau overload.

Prinsip kerja generator pada dasarnya bekerja berdasarkan hukum faraday, apabila rotor diputar maka belitan kawatnya akan memotong gaya-gaya magnet pada kutub magnet, sehingga terjadi perbedaan tegangan, dengan dasar inilah timbullah arus listrik, arus melalui kabel/kawat yang kedua ujungnya dihubungkan dengan cincin geser. Pada cincin-cincin tersebut menggeser sikat-sikat, sebagai terminal penghubung keluar. Apabila suatu penghantar diputar dalam sebuah medan magnet sehingga memotong garis-garis gaya magnet maka

pada ujung penghantar tersebut akan timbulkan ggl (garis gaya listrik) yang mempunyai satuan volt (Shaputra, 2020).



Gambar 2 2 Prinsip Kerja Generator
Sumber: (Shaputra, 2020).

2.6 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sistem mikroprosesor lengkap yang terkandung di dalam sebuah chip. Mikrokontroler berbeda dari mikroprosesor serba guna yang digunakan dalam sebuah PC, karena sebuah mikrokontroler umumnya telah berisi komponen pendukung sistem minimal mikroprosesor, yakni memori dan pemrograman *Input-Output* (Nurdila, 2009). Mikrokontroler adalah suatu IC dengan kepadatan yang sangat tinggi, dimana semua bagian yang diperlukan untuk suatu kontroler sudah dikemas dalam satu keping, biasanya terdiri dari CPU (*Central Processing Unit*), RAM (*Random Access Memory*), EEPROM/EPROM/PROM/ROM, I/O, Serial & Parallel, *Timer*, *Interrupt Controller* (Setiawan, 2011).

Chip mikrokontroler ini bermacam jenisnya, salah satu dari jenis *chip* mikrokontroler merupakan ATmega. Jenis ATmega juga memiliki seri yang

banyak seperti ATmega 16, ATmega 32, ATmega 328. Dalam pembuatan proyek akhir ini menggunakan papan Arduino UNO, di mana sudah terpasang ATmega 328. Mikrokontroler ATmega328 yang dapat terhubung dengan mudah menggunakan kabel *power* USB atau kabel *power supply adapter* AC ke DC atau juga baterai.

Arduino memiliki beberapa jenis seperti MEGA, UNO, NANO, dan lainnya. Sedangkan yang kini digunakan adalah Arduino UNO, tipe ini juga memiliki beberapa versi salah satunya adalah R3 yang merupakan versi terakhir yang telah disempurnakan dari versi-versi Arduino sebelumnya, bentuk fisik Arduino dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.3 Arduino UNO R3
Sumber: www.Robotistan.com

Dari versi R3 (*Revision 3*) ini memiliki beberapa keunggulan yaitu 1.0 pin *out* ditambahkan pin SDA dan SCL didekat pin AREF dan dua pin lainnya diletakkan dekat tombol RESET, fungsi IOREF melindungi kelebihan tegangan pada papan rangkaian. Keunggulan perlindungan ini akan kompatibel juga dengan dua jenis board yang menggunakan jenis AVR yang beroperasi pada tegangan kerja 5 V dan Arduino pada tegangan operasi 3.3 V, memiliki rangkaian reset yang lebih baik, dan penerapan Atmega 16U2 pengganti 8U2.

Arduino UNO memiliki 14 digit pin input / output (atau biasa ditulis I/O, dimana 6 pin diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 pin input

analog, menggunakan crystal 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP dan tombol reset. Hal tersebut adalah semua yang diperlukan untuk mendukung sebuah rangkaian mikrokontroler. Cukup dengan menghubungkannya ke komputer dengan kabel USB atau diberi power dengan adaptor AC-DC atau baterai, sudah dapat dioperasikan.

Tabel 2 1 Spesifikasi Arduino UNO R3

Mikrokontroler	Atmega 328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12 V
Input Voltage (limits)	6-20 V
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O pin	40 Ma
DC Current for 3.3V pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	12 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	15 Hz
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM <i>output</i>)

Bahasa yang digunakan dalam pemrograman Arduino adalah bahasa C. Bahasa C merupakan bahasa tingkat tinggi, dimana bahasa ini dapat dengan mudah dipahami oleh manusia di bandingkan dengan bahasa pemrograman lainnya. Semakin rendah bahasa pemrograman maka semakin sulit dipahami

oleh manusia secara umum, dan sebaliknya apabila tingkatan bahasa pemrograman semakin tinggi akan semakin mudah dipahami.

2.7 Jenis-jenis sensor

2.7.1 Wattmeter

Watt Meter adalah gabungan dari dua alat ukur daya listrik lain berupa Volt Meter dan Amperemeter. Perangkat Watt Meter memiliki dua jenis kumparan yakni kumparan tetap / arus, dan kumparan putar / tegangan. Lalu dalam hal pemasangan, kumparan tetap akan dipasangkan dengan model seri, sementara kumparan putar dipasang secara paralel. Jika dibanding dengan empat jenis lainnya, Watt Meter menjadi salah satu yang paling banyak digunakan karena tergolong lebih praktis dengan proses pengukuran yang tidak lama. Berikut informasi lengkapnya (Yosua Erick, 2022)



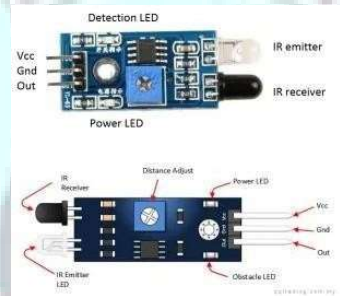
Gambar 2 4 Wattmeter

Sumber: www.aliexpress.com

2.7.2 Sensor Infrared FC-51

Modul sensor infrared FC-51 merupakan sebuah sensor yang bekerja untuk mendeteksi adanya hambatan yang berbeda didepan modul sensor. Modul sensor infrared FC-51 ini memiliki dua bagian utama yang

terdiri dari IR transmitter dan IR receiver. Fungsi dari IR transmitter adalah bagian yang bertugas untuk memancarkan radiasi inframerah kepada sebuah objek ataupun hambatan. Sedangkan IR receiver merupakan bagian yang berfungsi untuk mendeteksi radiasi yang telah dipantulkan oleh objek yang berasal dari IR transmitter. Pada bagian IR transmitter ini tampilannya sama seperti LED pada umumnya, akan tetapi radiasi yang dipancarkan tidak dapat terlihat oleh mata manusia (Dewa De, 2019).



Gambar 2 5 Sensor Infrared FC-51

Sumber: www.teknisibali.com

2.7.3 Sensor Flow Meter

Water flow sensor terdiri dari body, ada yang dari plastic dan dari logam, kemudian Rotor dan Sensor Hall Effect. Ketika Cairan melalui Rotor maka Rotor akan berputar. Kecepatan air pada sensor flow akan mempengaruhi flow rate. Output Sensor Hall Effect pada Sensor flow ini akan mengeluarkan output signal, atau pulse. Kecepatan pulse output berbanding lurus dengan kecepatan cairan yang melalui Rotor. Analogi sensor ini sebenarnya mirip dengan kincir air. Semakin cepat air dan debit air akan mempercepat pula perputaran dari kincir itu sendiri



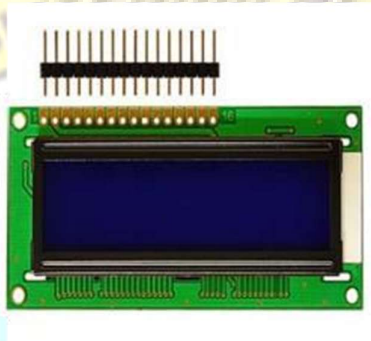
Gambar 2 6 Sensor Flow Meter

Sumber: www.tokopedia.com

2.8 LCD (liquid Crystal Display)

Menurut (Warhana, 2006), display LCD 16x2 berfungsi sebagai penampilan karakter yang di input keypad. LCD yang digunakan pada alat ini mempunyai leher display 2 baris 16 kolom atau biasa disebut sebagai LCD 16x2, dengan 16 pin konektor. LCD terbagi menjadi dua macam berdasarkan bentuk tampilannya, yaitu *Text-LCD* berupa huruf atau angka, sedangkan bentuk tampilan pada *Graphic LCD* berupa titik, garis dan gambar (Nurchahyo, 2012). Material LCD adalah sebuah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan *seven-segment* dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silinder menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan sandwich memiliki polarizer cahaya vertikal depan dan polarizer cahaya horisontal belakang yang diikuti dengan

lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan. LCD yang digunakan pada alat pengukur digital menggunakan LCD 16x2 yang terdiri dari 2 baris dan 16 karakter.



Gambar 2 7 Bentuk Fisik LCD
Sumber :www.arduino.web.id

Kontroler LCD ini juga sudah dilengkapi dengan modul program LCD yang terdapat pada mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter pada LCD.

2.9 Pompa Air

Pompa adalah alat untuk memindahkan fluida dari tempat satu ketempat lainnya yang bekerja atas dasar mengkonversikan energi kinetik. Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (suction) dengan bagian keluar (discharge). Dengan kata lain, pompa berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan), dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada pada sepanjang pengaliran (Rua, 2015).



Gambar 2 8 Pompa Air

Sumber: www.bukalapak.com

2.10 Nozel

Nozel adalah alat atau perangkat yang dirancang untuk mengontrol arah atau karakteristik dari aliran fluida (terutama untuk meningkatkan kecepatan) saat keluar (atau memasuki) sebuah ruang tertutup atau pipa. Sebuah nozel sering berbentuk pipa atau tabung dari berbagai variasi luas penampang, dan dapat digunakan untuk mengarahkan aliran fluida (cairan atau gas). Nozel sering digunakan untuk mengontrol laju aliran, kecepatan, arah, massa, bentuk, dan / atau tekanan dari aliran yang muncul.



Gambar 2 9 Bentuk Nozel
Sumber : www.cnzg.com

2.1 Pulley

Pulley adalah suatu elemen mesin yang berfungsi sebagai komponen atau penghubung antara poros turbin dan generator yang akan mentransmisikan gerak putaran dengan menggunakan sabuk atau belt.



Gambar 2 10 Bentuk Nozel
Sumber : dokumentasi pribadi

2.2 Sabuk (Belt)

Sabuk berbahan fleksibel yang melingkarkan digunakan untuk menghubungkan secara mekanis dua poros yang berputar. Sabuk juga sebagai sumber penggerak atau penyalur daya yang efisien atau untuk memantau pergerakan relative. Sabuk dilingkarkan pada dua pulley sehingga sabuk sapat mengendalikan pulley secara normal pada satu arah menyilang. Sabuk digunakan sebagai sumber penggerak. Contohnya pada conveyor dimana sabuk secara mengulang membawa beban dari satu titik ke titik lain (Rua, 2014).



Gambar 2 11 Bentuk Nozel
Sumber : dokumentasi pribadi

2.3 Bearing

Menurut Sularso (2004:103), bearing yaitu bagian mesin yang bisa menahan poros berbeban, agar gesekannya bolak-balik bisa berlangsung secara halus, aman

dan panjang umurnya. Bearing dalam suatu mesin mempunyai peran yang sangat penting agar putaran didalam mesin lancar dan juga dapat mengurangi gesekan.



Gambar 2 12 Bentuk Nozel
Sumber : www.teknisibali.com



BAB III

METODE KEGIATAN

3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan

Pembuatan alat simulasi PLTMH berbasis digital dilaksanakan di Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang. Proses perancangan, pembuatan, dan pengujian berlangsung sekitar 6 bulan. Sejak bulan Februari 2023 sampai dengan bulan Juli 2023.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan tercantum pada tabel 3.1 dan tabel 3.2 berikut:

Tabel 3 1. Daftar alat yang digunakan:

No.	Nama Alat	Jumlah
1.	Turbin Pelton	1 buah
2.	Gerinda	1 buah
3.	Bor listrik	1 buah
4.	Obeng set	1 paket
5.	Mistar/penggaris	1 buah
6.	Generator DC 24 V	1 buah
7.	Multimeter	1 buah
8.	Pisau cutter	1 buah
9.	Tang ampere	1 buah

Tabel 3 2. Daftar bahan yang digunakan:

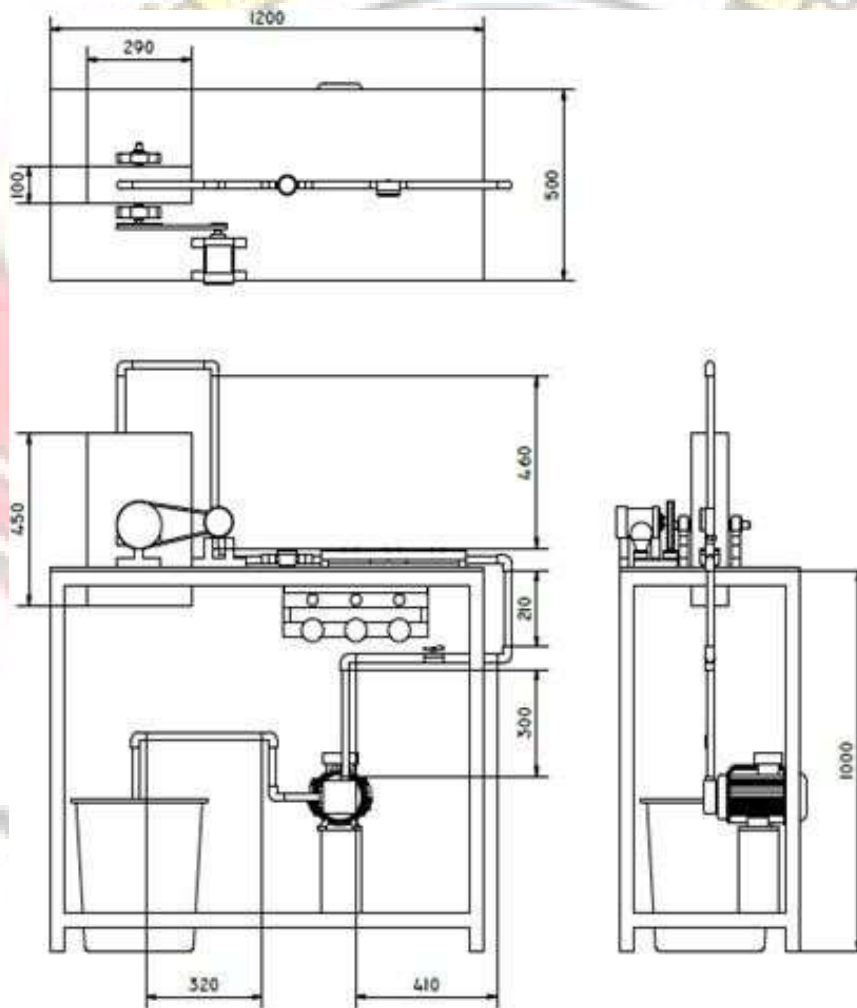
No	Nama Bahan	Jumlah	Spesifikasi
1.	Arduino UNO	1 buah	R3
2.	Sensor infrared	1 buah	FC-51
3.	Sensor flowmeter	1 buah	YF-S201
4.	Kabel	Secukupnya	
5.	Sabuk mesin (V-belt)	1 buah	
6.	Stop kontak	4 buah	
7.	Lampu	3 buah	6x3 Watt
8.	LCD	1 buah	16x2
9.	Barometer	1 buah	
10.	Wattmeter	1 buah	
11.	Fitting	3 buah	
12.	Adaptor	1 buah	9V 1A

3.3 Prosedur Kerja

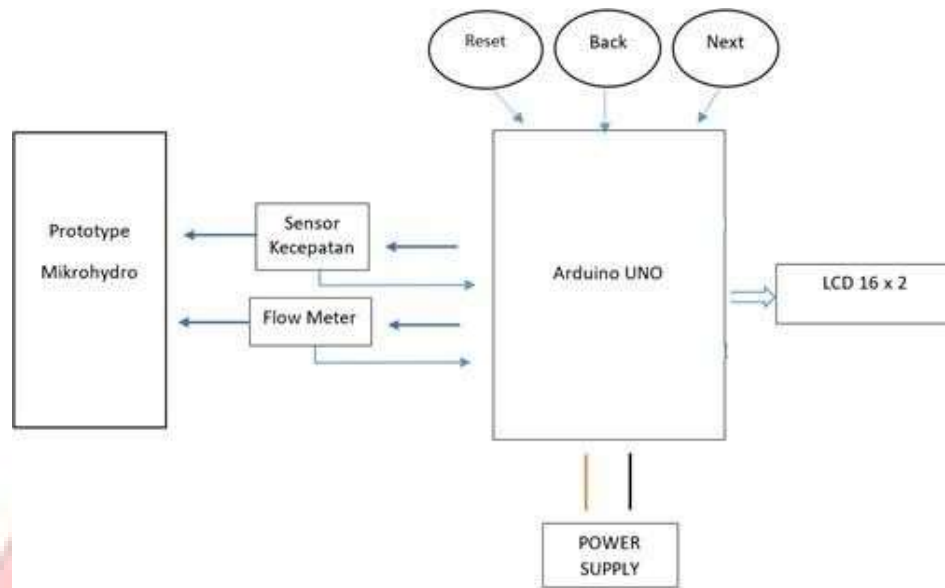
3.3.1 Studi Literatur

Pada tahap awal dilakukan peninjauan mengenai alat yang akan dibuat dan studi literatur untuk mengumpulkan sumber-sumber informasi yang mendukung dalam pengerjaan pengembangan rancangan bangun alat.

3.3.2 Tahap Perancangan



Gambar 3 1. Sketsa PLTMH Sistem Sirkulasi Air



Keterangan :

- : Hubungan dari Catu Daya
- ⇨ : Komunikasi Data Ke Layar
- : Aliran Listrik Positif
- - - : Aliran Listrik Negatif

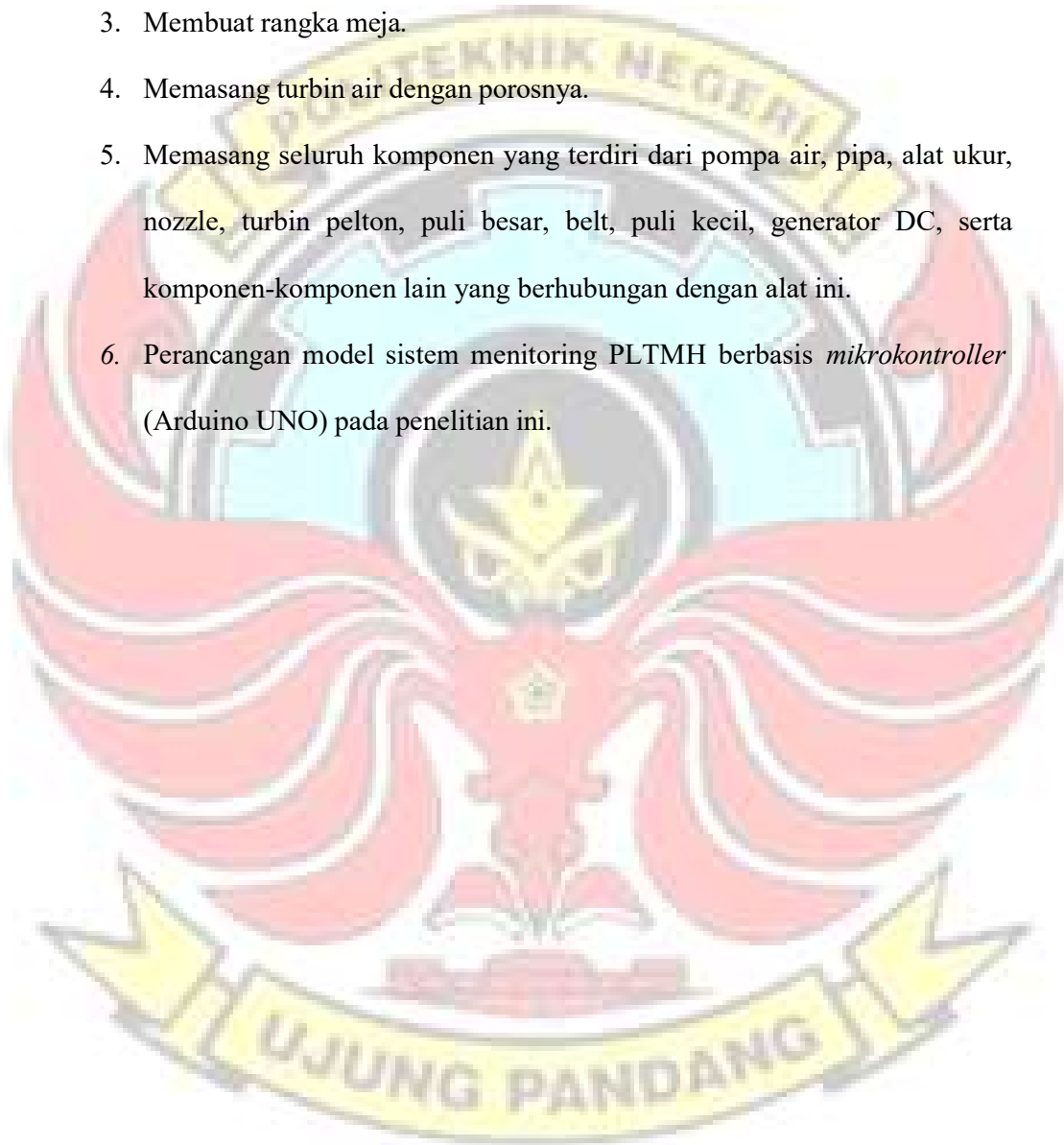
Gambar 3 2. Blok Diagram Perancangan Alat

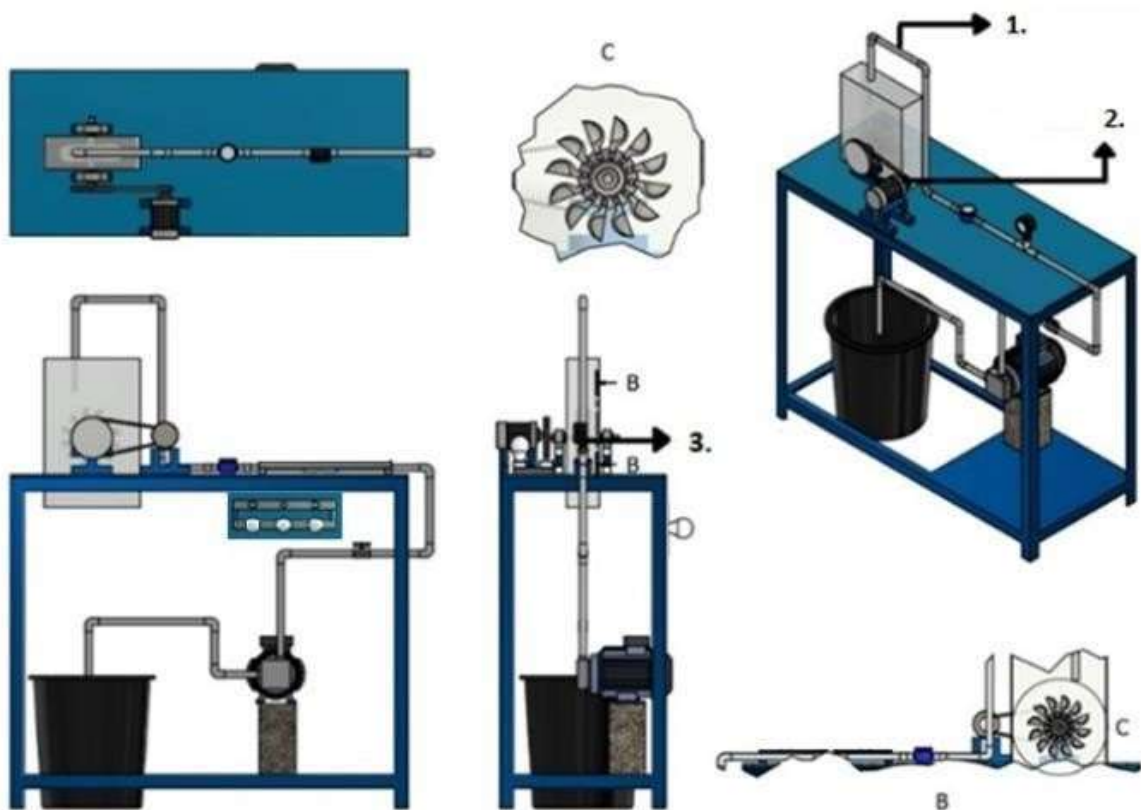
Alat ini menggunakan 3 sensor dan 1 komponen untuk pengukuran yaitu sensor arus ACS 712, sensor pembagi tegangan DC, sensor kecepatan slot optocoupler, dan LCD 16 x 2. Masing- masing sensor bekerja dengan mendeteksi tiap variabel yang dibutuhkan dan diubah menjadi data berupa arus, tegangan, dan kecepatan kemudian data tersebut diproses mikrokontroler Arduino UNO dan ditampilkan oleh LCD 16x2 secara otomatis.

3.3.3 Tahap Pembuatan dan Perakitan

Prosedur pembuatan dan perakitan adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan.
2. Memotong besi hollow dan plat menggunakan gerinda.
3. Membuat rangka meja.
4. Memasang turbin air dengan porosnya.
5. Memasang seluruh komponen yang terdiri dari pompa air, pipa, alat ukur, nozzle, turbin pelton, puli besar, belt, puli kecil, generator DC, serta komponen-komponen lain yang berhubungan dengan alat ini.
6. Perancangan model sistem monitoring PLTMH berbasis *mikrokontroller* (Arduino UNO) pada penelitian ini.



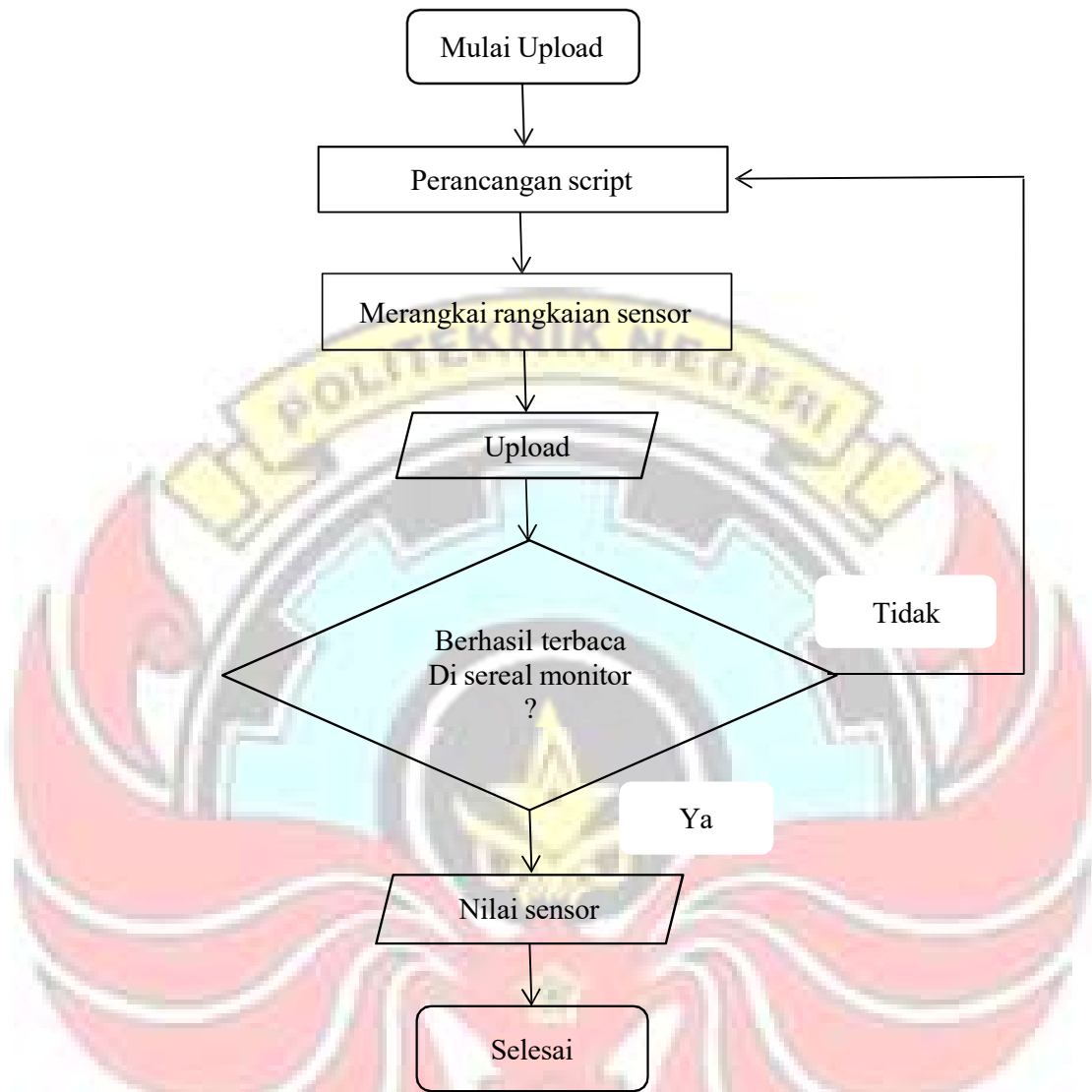


Keterangan gambar:

1. Sensor Flow Meter
2. Sensor Arus
3. Sensor RPM

Gambar 3 3. Rancangan PLTMH dengan sistem sirkulasi air



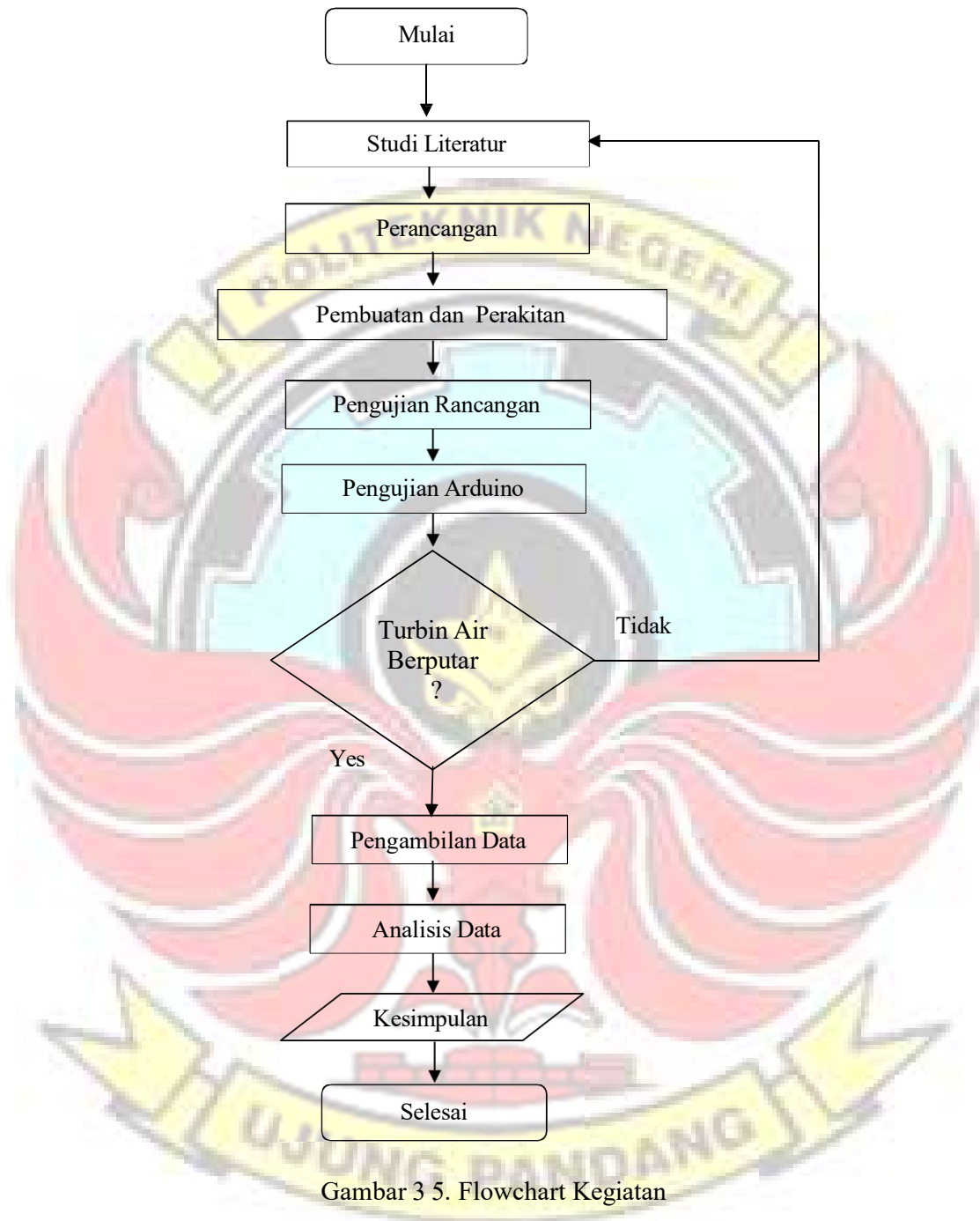


Gambar 3 4 Flowchart sistem monitoring

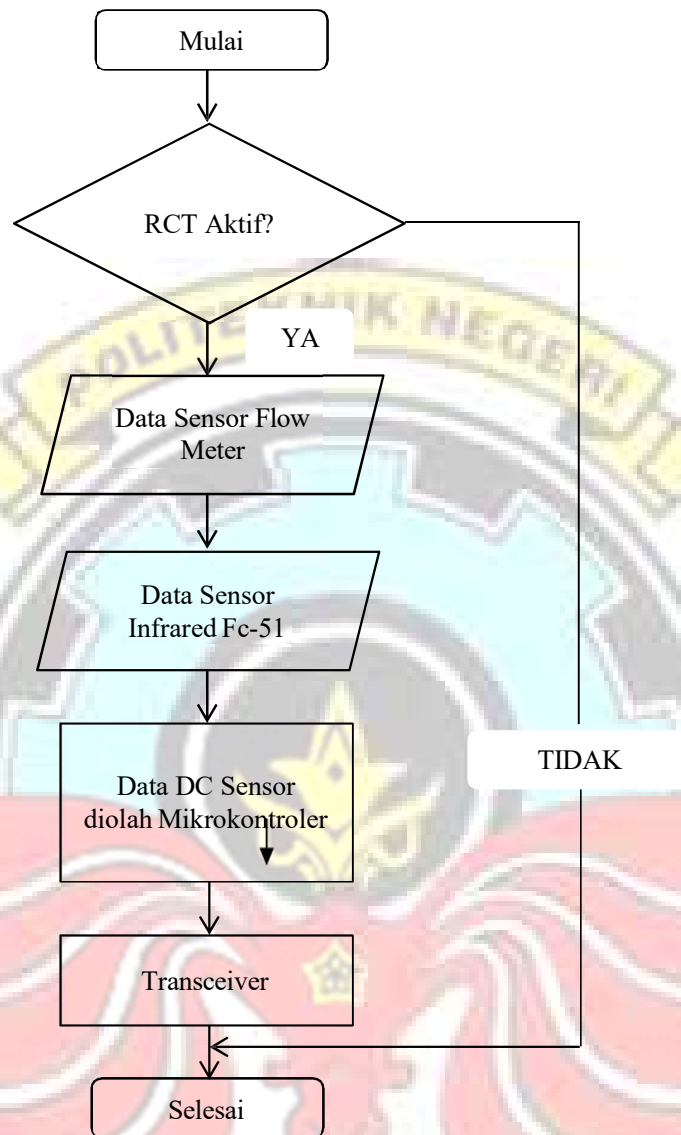
Proses monitoring dimulai dari proses pembacaan data kemudian data tersebut akan dibaca oleh Arduino UNO sesuai dengan algoritma yang dibuat oleh penulis dan merespon sesuai dengan data yang telah dibaca, jika ya maka notifikasi akan muncul pada android dan jika tidak maka akan kembali ke langkah awal.

Algoritma pada Arduino UNO akan dilengkapi dengan pembacaan nilai tegangan dan arus pada PLTMH sehingga kita dapat mengetahui pada saat arus

dan tegangan telah habis.



Gambar 3 5. Flowchart Kegiatan



Gambar 3 6. Flowchart Arduino

Tabel 3.3. Parameter-parameter yang akan Diukur dalam Pengujian

No.	Parameter	Simbol	Satuan	Alat Ukur
1.	Kecepatan aliran	V	m/s	Flowmeter
2.	Tegangan	V	V	Multimeter
3.	Arus	I	A	Multimeter
4.	Kecepatan turbin	Ω	Rpm	Techometer

3.4 Metode Analisa Data

Adapun analisa data akan dilakukan dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut:

1. Mengukur debit

$$Q = \frac{V}{t}$$

Dimana : Q = debit (m^3/s)

V = volume (m^3)

2. Daya input

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

dimana : P_{in} = daya yang dibangkitkan turbin (Watt)

ρ = rapat massa air ($1000 \text{ Kg}/m^3$)

g = percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m}/s^2$)

Q = kapasitas aliran air (debit) (m^3/s)

H = ketinggian (m)

3. Daya Output

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

dimana : V = tegangan (v)

I = arus (A)

4. Efisiensi

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \%$$

dimana : Pout = daya output (Watt)

Pin = daya input (Watt)

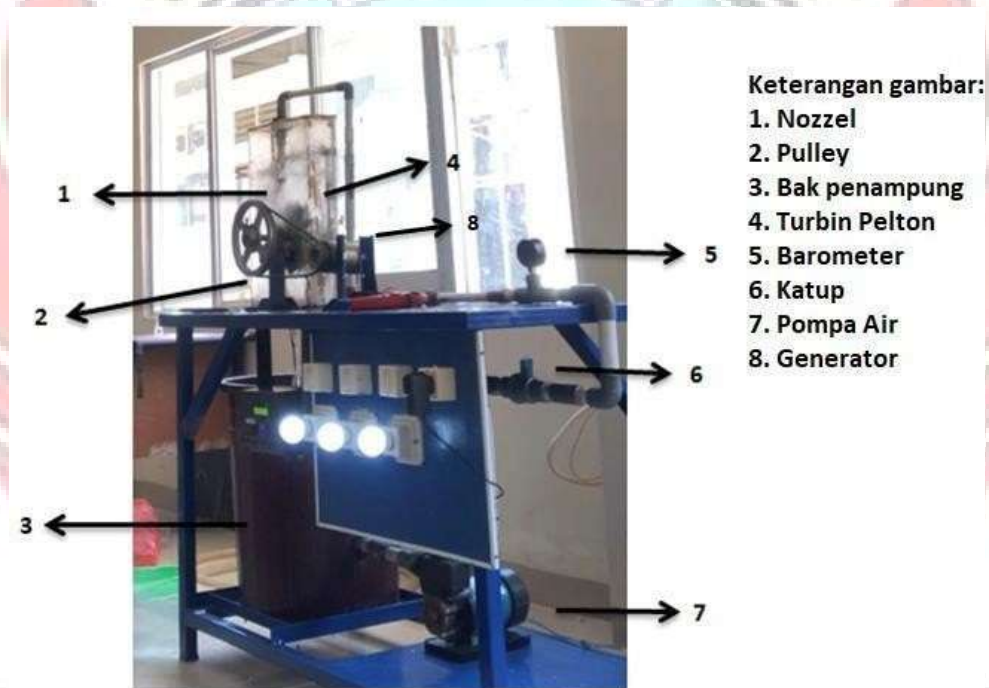


BAB IV

HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN

4.1 Hasil Kegiatan

Kegiatan penelitian diawali dengan pembuatan sistem monitoring digital pada rancang bangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). PLTMH menggunakan Turbin Pelton terbuat dari aluminium dengan ketebalan turbin 8 inci dan kedalaman bucket 1,5 inci.



Gambar 4. 1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Sumber: Dokumentasi pribadi

1. Bak penampungan, yang digunakan untuk menampung air.
2. Pompa air, sebagai alat bantu untuk mengalirkan air dari bak penampungan ke turbin.

3. Turbin pelton digunakan sebagai pengubah energi kinetik menjadi energi listrik.
4. Nozzle berfungsi untuk mengarahkan pancaran air ke sudu-sudu turbin.
5. Puli berfungsi sebagai penghubung poros turbin dan generator yang berputar.

4.2 Langkah Percobaan

4.2.1 Menghidupkan PLTMH

Persiapan Percobaan

- a. Menyiapkan sumber kelistrikan
 - Menghidupkan saklar sumber listrik dari PLN
 - Menghidupkan saklar power suplay
- b. Menyiapkan pemasok air
 - Mengisi bak penampung sesuai volume air yang ditentukan
 - Membuka katup pemasok air sesuai ketentuan yang terhubung ke bak penampung
- c. Menyiapkan data percobaan

1. Percobaan Tanpa Beban

- Melihat hasil pengukuran digital (Arus, Tegangan, Flow meter, percepatan)
- Menggunakan tachometer dalam menentukan putaran generator

2. Percobaan Berbeban (Lampu pijar)

- Menyalakan saklar berbeban
- Melihat hasil pengukuran digital (Arus, Tegangan, Flow meter, percepatan)

- Menggunakan tachometer dalam menentukan putaran generator

4.2.2 Mematikan PLTMH

- Mematikan sistem pemasok listrik pada PLTMH

4.3 Hasil Pengujian

Pengujian PLTMH dibagi menjadi 2 bagian, yaitu pengujian tanpa beban dan pengujian berbeban. Pada tiap bagian, pengujian dilakukan dengan 2 variasi bukaan katup, yaitu bukaan 45° dan bukaan 90°. Untuk pengujian berbeban, digunakan lampu pijar yang jumlahnya divariasikan juga, yaitu 1 lampu, 2 lampu, 3 lampu.

4.2.1 Pengujian Tanpa Beban Bukaan Katup 45°

Pengujian data dilakukan di Gedung Energi Terbarukan, Politeknik Negeri Ujung Pandang pada tanggal 14 Juli 2023. Data hasil pengujian tanpa beban dapat dilihat pada tabel 4.1 dan tabel 4.2.

Tabel 4. 1 Data Hasil Pengujian Tanpa beban Pada Bukaan Katup 45°

Volume (liter)	Waktu (detik)	Debit (L/menit)	Kec. Putaran		Tegangan (v)	Kuat Arus
			Turbin	Gen		
9	60	32	1381,4	3421	40,9	0
	60	32	1367,2	3340	40,7	0
	60	32	1298,4	3102	40,7	0
12	60	32	1403,3	3005	43,8	0
	60	32	1442,2	3898	42,9	0
	60	32	1438,6	2878	42,8	0
15	60	32	1428,9	3738	42,7	0
	60	32	1381,8	3146	41,3	0
	60	32	1402,8	3494	41,3	0

Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian Tanpa beban Pada Bukaannya Katup 90°

Volume (liter)	Waktu (detik)	Debit (L/menit)	Kec. Putaran		Tegangan (v)	Kuat Arus
			Turbin	Gen		
9	60	33	1461,8	2180	43,7	0
	60	33	1400,2	2172	43,1	0
	60	33	1445,9	2881	43,3	0
12	60	33	1436,2	2770	42,5	0
	60	33	1457,9	2684	43,6	0
	60	33	1490,6	3304	44,5	0
15	60	33	1478,8	2938	43,8	0
	60	33	1484,7	3317	44,2	0
	60	33	1488,9	2983	44,2	0

4.2.2 Pengujian Berbeban Bukaannya Katup 45°

Pengujian data dilakukan di Gedung Energi Terbarukan, Politeknik Negeri Ujung Pandang pada tanggal 14 Juli 2023. Pada pengujian ini digunakan beban berupa lampu pijar 6 watt sebanyak 3 buah. Data hasil pengujian berbeban dapat dilihat pada tabel 4.3 dan tabel 4.4.

Tabel 4. 3 Data Hasil Pengujian Berbeban pada Bukaannya Katup 45°

Daya Beban	Debit (L/menit)	Tegangan (v)	P (bar)	Arus (A)	Putaran (rpm)	
					Turbin	Generator
1 Lampu (6 Watt)	31	10,6	1	0,16	111,8	394,5
2 Lampu (12 Watt)	31	9,4	1	0,18	100,8	355,6

3 Lampu (18 Watt)	31	9,0	1	0,20	97,8	332,4
1 Lampu (6 Watt)	31	10,5	1	0,16	110,8	382,6
2 Lampu (12 Watt)	31	9,4	1	0,17	102,2	360,2
3 Lampu (18 Watt)	31	9,0	1	0,18	97,5	345,7

Tabel 4. 4 Data Hasil Pengujian Berbeban pada Bukaak Katup 90°

Daya Beban	Debit (L/menit)	Tegangan (v)	P (bar)	Arus (A)	Putaran (rpm)	
					Turbin	Generator
1 Lampu (6 Watt)	32	10,9	1,2	0,15	113,6	411,2
2 Lampu (12 Watt)	32	9,5	1,2	0,18	104,1	365,3
3 Lampu (18 Watt)	32	9,1	1,2	0,21	100,1	353,1
1 Lampu (6 Watt)	32	11	1,2	0,19	117,1	417,0
2 Lampu (12 Watt)	32	9,7	1,2	0,20	106,3	374,5
3 Lampu (18 Watt)	32	9,2	1,2	0,21	101,8	360,2

4.4 Deskripsi Hasil Kegiatan

Berdasarkan hasil kegiatan, dari data pengujian yang dilakukan pada tabel 4.1 sampai tabel 4.4. Dilakukan perhitungan data sebagai berikut:

Untuk menghitung nilai head (H), maka kita dapat mengambil data

$$H = \frac{\Delta P}{Q}$$

$$H = \frac{100,000 \text{ N/m}^2 \times 1,2 \text{ bar}}{(1000 \text{ kg/m}^3) \times (9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$H = 12,2 \text{ m}$$

4.4 Analisis Data

4.3.1 Menghitung Data Berbeban Buka pada Katup 45°

1) Menghitung Daya Input (P_{in})

Untuk menghitung daya input turbin menggunakan rumus pada persamaan 2.3 dengan menggunakan data ke-1 pada tabel 4.3 pengujian berbeban pada bukaan katup 45°, maka diperoleh nilai daya input sebagai berikut:

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

$$P_{in} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,52 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 10 \text{ m} \cdot 10^{-3}$$

$$P_{in} = 51,01 \text{ Watt}$$

2) Menghitung Daya Output (P_{out})

Untuk menghitung daya output turbin menggunakan rumus pada persamaan 2.4 dengan menggunakan data ke-1 pada tabel 4.3 pengujian berbeban bukaan katup 45°, maka diperoleh nilai daya output sebagai berikut:

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

$$P_{out} = 10,6 \text{ Volt} \cdot 0,16 \text{ A}$$

$$P_{out} = 1,7 \text{ Watt}$$

3) Menghitung efisiensi turbin (η)

Untuk menghitung efisiensi turbin menggunakan rumus pada persamaan 2.5 dengan menggunakan data ke-1 pada tabel 4.3 pengujian berbeban bukaan katup 45° , maka diperoleh nilai efisiensi sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{1,63 \text{ Watt}}{51,43 \text{ Watt}} \times 100\%$$

$$\eta = 3,16\%$$

4.3.2 Perhitungan Daya Turbin Berbeban Bukaan Katup 90°

1) Menghitung Daya Input (P_{in})

Untuk menghitung daya input turbin menggunakan rumus pada persamaan 2.3 dengan menggunakan data ke-4 pada tabel 4.4 pengujian berbeban bukaan katup 90° , maka diperoleh nilai daya input sebagai berikut:

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

$$P_{in} = 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,53 \frac{m^3}{s} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 12,2 \text{ m} \cdot 10^{-3}$$

$$P_{in} = 63,43 \text{ Wat}$$

2) Menghitung Daya Output (P_{out})

Untuk menghitung daya output turbin menggunakan rumus pada persamaan 2.4 dengan menggunakan data ke-4 pada tabel 4.4 pengujian berbeban bukaan katup 90° , maka diperoleh nilai daya output sebagai berikut:

$$P_{\text{out}} = V \cdot I$$

$$P_{\text{out}} = 11 \text{ volt} \cdot 0,19 \text{ A}$$

$$P_{\text{out}} = 2,09 \text{ Watt}$$

3) Menghitung efisiensi turbin (η)

Untuk menghitung efisiensi turbin menggunakan rumus pada persamaan 2.5 dengan menggunakan data ke-4 pada tabel 4.4 pengujian berbeban bukaan katup 90° , maka diperoleh nilai efisiensi sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{2,09 \text{ Watt}}{63,43 \text{ Watt}} \times 100\%$$

$$\eta = 3,29\%$$



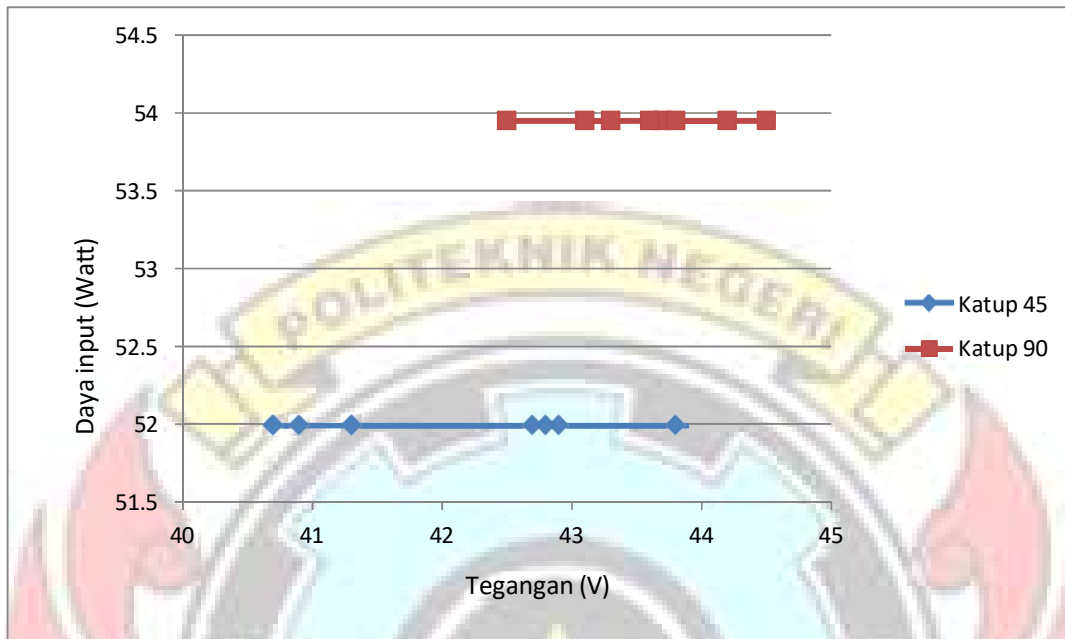
Tabel 4. 5 Hasil Analisis Pengujian Berbeban pada Bukaam Katup 45°

No.	Daya Input	Daya Output	Efisiensi
1.	51,01 W	1,7 W	3,33%
2.	51,01W	1,69 W	3,31%
3.	51,01W	1,8 W	3,52%
4.	51,01W	1,68 W	3,29%
5.	51,01W	1,59 W	3,11%
6.	51,01W	1,62 W	3,17%

Tabel 4. 6 Hasil Analisis Pengujian Berbeban pada Bukaam Katup 90°

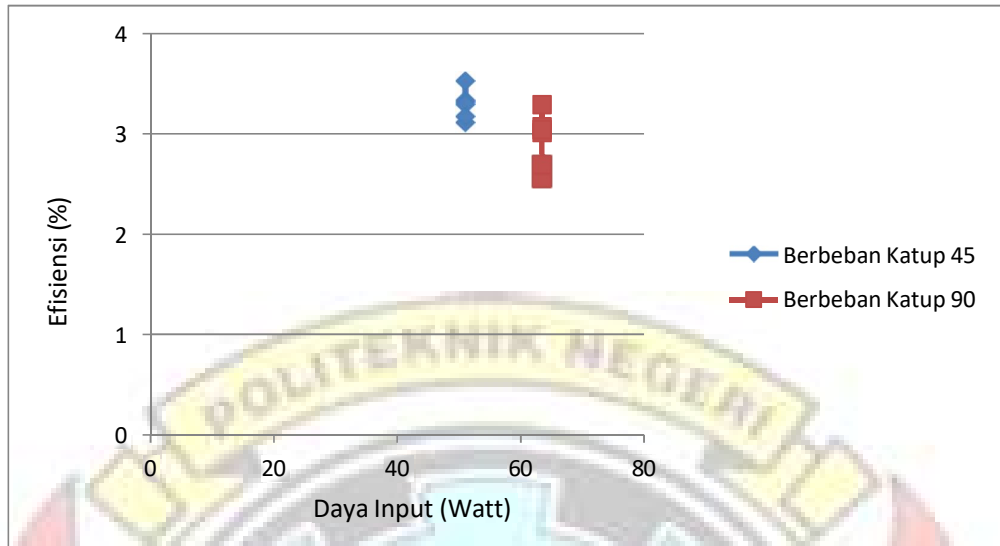
No.	Daya Input	Daya Output	Efisiensi
1.	63,43 W	1,63 W	2,56%
2.	63,43 W	1,71 W	2,69%
3.	63,43 W	1,91 W	3,01%
4.	63,43W	2,09 W	3,29%
5.	63,43W	1,95 W	3,07%
6.	63,43W	1,93 W	3,04%

4.5 Grafik dan Pembahasan



Gambar 4. 1 Grafik Hubungan Daya input tanpa beban katup 45° dan 90° dengan Tegangan

Dari gambar 4.1 dapat dilihat bahwa trend yang dihasilkan stabil untuk kedua daya input katup 45° dan 90°. Pada beban katup 45° nilai tegangan tertinggi yaitu 43,8 dan pada katup 90° adalah 44,5 volt, sedangkan nilai terendah pada katup 45° yaitu 40,7 volt dan pada katup 90° adalah 42,5 volt . Dan nilai daya input pada katup konstan yaitu 51.9 Watt pada katup 45° dan 53,95 watt pada katup 90°.



Gambar 4. 2 Grafik Hubungan antara Daya input Berbeban Katup 45° dan 90° dengan efisiensi turbin

Dari gambar 4.1 dapat dilihat bahwa trend yang dihasilkan konstan untuk kedua daya input beban yang diberikan. Pada beban katup 45° nilai efisiensi tertinggi pada daya beban 18 watt yaitu 3,52% sedangkan nilai terendah 3,11% pada daya beban 12 watt . Dan nilai tertinggi efisiensi turbin pada katup 90° yaitu 3,29% pada daya beban 6 watt di 12 liter sedangkan nilai terendah 2,59% pada daya beban 6 watt di 9 liter.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian alat, maka diperoleh kesimpulan, yaitu:

1. Sistem monitoring dibuat untuk mempermudah dalam melakukan praktikum pengukuran. Dimana sensor beroperasi apabila suplay listrik masuk dan saklar di ON-kan.
2. Beban lampu yang diberikan sangat mempengaruhi kecepatan putar generator. Dimana semakin diberi beban maka putaran generator juga lambat.

5.2 Saran

- 1) Untuk pengembangan selanjutnya menambahkan data logger untuk menyimpan data praktikum.
- 2) Penelitian selanjutnya menambahkan saklar reset pada alat agar mempermudah praktikum.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, Wiranto. 1997. *Penggerak Mula Turbin*. Edisi ke Dua Cetakan ketiga. Penerbit ITB. Bandung.
- Bono dan Indarto. 2008. Karakteristik daya turbin pelton mikro dengan variasi bentuk sudu, Seminar Nasional Aplikasi Sain dan Teknologi, IST AKPRIN, Yogyakarta.
- Ceri Steward Poea, G.D. Soplanit dan Jotje Pantung. 2013. Perencanaan turbin air mikro hidro jenis pelton untuk pembangkit listrik di desa kali kecamatan pineleng dengan head 12 meter. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Luknanto, Djoko. 2007. *Diktat Kuliah: Bangunan Tenaga Air*. UGM. Yogyakarta.
- Ma'ali, N. (2017). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Kepung Kabupaten Kediri (Doctoral Dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Poea, C. S., Soplanit, G. D., & Rantung, J. (2013). Perencanaan Turbin Air Mikro Hidro Jenis Pelton untuk Pembangkit Listrik di Desa Kali Kecamatan Pineleng dengan Head 12 Meter. *JURNAL POROS TEKNIK MESIN UNSRAT*, 1(1).
- Prapti, Cokorda, Sunyoto dan Rahmat. Analisa Turbin Pelton Berskala Mikro Pada Pembuatan Instalasi Uji Laboratorium. Depok : Universitas Gunadarma.
- Rua, F. (2018). Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Pico Hydro (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional).
- Salsabila Dea Saraswati (2022). "Rancang Bangun Alat Simulasi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)". Laporan Tugas Akhir. Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Samsul Kamal dan Prajitno. 2013. Evaluasi unjuk kerja turbin air pelton terbuat dari kayu dan bambu sebagai pembangkit listrik ramah lingkungan untuk pedesaan, *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, Vol.20, No.2, pp.190- 198.
- Sularso, Kiyokatsu Suga, (2004). Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. Jakarta: Pradya Paramita
- Wicaksana, C, A., Fadillah, F. 2015. Turbin Air. *Makalah*. Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang.

L

A

M

P

I

R

A

N



Lampiran A Programan

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd (0x26, 16, 2);

byte sensorInt = 0;
byte flowsensor =3;
float konstanta = 4.5;
byte pulseCount = 0;

float debit;
unsigned int flow_mlt;
unsigned long total_mlt;
unsigned long oldTime;

const byte PulsesPerRevolution = 2;
const unsigned long ZeroTimeout = 100000;
const byte numReadings = 2;

volatile unsigned long LastTimeWeMeasured;
volatile unsigned long PeriodBetweenPulses = ZeroTimeout + 1000;
volatile unsigned long PeriodAverage = ZeroTimeout + 1000;
unsigned long FrequencyRaw;
unsigned long FrequencyReal;
unsigned long RPM;
unsigned int PulseCounter = 1;
unsigned long PeriodSum;

unsigned long LastTimeCycleMeasure = LastTimeWeMeasured;
unsigned long CurrentMicros = micros();
unsigned int AmountOfReadings = 1;
unsigned int ZeroDebouncingExtra;
unsigned long readings[numReadings];
unsigned long readIndex;
unsigned long total;
unsigned long average;

int encoder_pin = 2; // The pin the encoder is connected
unsigned int rpm; // rpm reading
volatile byte pulses; // number of pulses
unsigned long timeold;
// The number of pulses per revolution
// depends on your index disc!!
unsigned int pulsesperturn = 20;

void counter()
{
  //Update count
  pulses++;
}

void setup() {
```

```

Wire.begin();
Serial.begin(9600);
lcd.init();
lcd.backlight();

lcd.setBacklight(HIGH);
pinMode(flowsensor,INPUT);
digitalWrite(flowsensor,HIGH);
pulseCount = 0;
debit = 0,0;
flow_mlt = 2;
oldTime = 0;
attachInterrupt(sensorInt,pulseCounter,FALLING);

attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(3), Pulse_Event, RISING);

pinMode(encoder_pin, INPUT);

//Interrupt 0 is digital pin 2, so that is where the IR detector is connected
//Triggers on FALLING (change from HIGH to LOW)
attachInterrupt(0, counter, FALLING);
// Initialize
pulses = 0;
rpm = 0;
timeold = 0;
}
void loop() {
if((millis()-oldTime)>1000)
{

detachInterrupt (sensorInt);
debit = ((1000.0/(millis()-oldTime))*pulseCount)/konstanta;
oldTime = millis ();
flow_mlt = (debit*60 )/1000;
total_mlt += flow_mlt ;
unsigned int frac;

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("F:");
lcd.print(int(debit));
lcd.print(" L/mt");
lcd.print(" ");

/*lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Volume:");
lcd.print(total_mlt);
lcd.backlight();
lcd.print("(mL)");
lcd.backlight();
*/
pulseCount = 0;

```

```
attachInterrupt(sensorInt,pulseCounter,FALLING);
}
```

```
LastTimeCycleMeasure = LastTimeWeMeasured;
CurrentMicros = micros();
if (CurrentMicros < LastTimeCycleMeasure) {
LastTimeCycleMeasure = CurrentMicros;
}
FrequencyRaw = 10000000000 / PeriodAverage;
if (PeriodBetweenPulses > ZeroTimeout - ZeroDebouncingExtra || CurrentMicros -
LastTimeCycleMeasure > ZeroTimeout - ZeroDebouncingExtra) {
FrequencyRaw = 0; // Set frequency as 0.
ZeroDebouncingExtra = 2000;
} else {
ZeroDebouncingExtra = 0;
}
FrequencyReal = FrequencyRaw / 10000;
```

```
RPM = FrequencyRaw / PulsesPerRevolution * 60;
RPM = RPM / 10000;
total = total - readings[readIndex];
readings[readIndex] = RPM;
total = total + readings[readIndex];
readIndex = readIndex + 1;
```

```
if (readIndex >= numReadings) {
readIndex = 0;
}
average = total / numReadings;
```

```
Serial.print("Period: ");
Serial.print(PeriodBetweenPulses);
Serial.print("\tReadings: ");
Serial.print(AmountOfReadings);
Serial.print("\tFrequency: ");
Serial.print(FrequencyReal);
Serial.print("\tRPM: ");
Serial.print(RPM);
Serial.print("\tTachometer: ");
Serial.println(average);
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("R:");
lcd.print(RPM);
lcd.print(" RPM");
lcd.print(" ");
```

```
delay(1000);
}
void pulseCounter(){
pulseCount++;
```

```

}

void Pulse_Event() {
  PeriodBetweenPulses = micros() - LastTimeWeMeasured;
  LastTimeWeMeasured = micros();
  if (PulseCounter >= AmountOfReadings) {
    PeriodAverage = PeriodSum / AmountOfReadings;
    PulseCounter = 1;
    PeriodSum = PeriodBetweenPulses;

    int RemapedAmountOfReadings = map(PeriodBetweenPulses, 40000, 5000, 1, 10);
    RemapedAmountOfReadings = constrain(RemapedAmountOfReadings, 1, 10);
    AmountOfReadings = RemapedAmountOfReadings;
  } else {
    PulseCounter++;
    PeriodSum = PeriodSum + PeriodBetweenPulses;
  }

  if (millis() - timeold >= 1000){ /Uptade every one second, this will be equal to reading frecueny (Hz)./

    //Don't process interrupts during calculations
    detachInterrupt(0);
    //Note that this would be 60*1000/(millis() - timeold)*pulses if the interrupt
    //happened once per revolution
    rpm = (60 * 1000 / pulsesperturn) / (millis() - timeold)* pulses;
    timeold = millis();
    pulses = 0;

    //Write it out to serial port
    Serial.print("RPM = ");
    Serial.println(rpm,DEC);
    //Restart the interrupt processing
    attachInterrupt(0, counter, FALLING);
  }
}
}

```


Lampiran B Dokumentasi Kegiatan

Proses Pembuatan Alat



Proses Pengambilan Data



Lampiran C Pengujian Tugas Akhir (Salsabila, 2022)

4.1.2 Pengujian Berbeban Buka Katup 45°

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Berbeban Pada Buka Katup 45°

Daya Beban	Volume (liter)	Waktu (detik)	Tegangan (V)	P (Bar)	Arus (A)	Daya (watt)	Putaran (rpm)	
							Turbin	Generator
1 Lampu (5 Watt)	14	60	9,06	2,1	0,84	7,61	251,4	615,9
2 Lampu (10 Watt)	14	60	8,83	2,1	0,8	7,06	248	605,1
3 Lampu (15 Watt)	14	60	8,61	2,1	0,73	6,28	245,3	594,0

4.1.3 Pengujian Berbeban Buka Katup 90°

Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Berbeban Pada Buka Katup 90°

Beban	Volume (liter)	Waktu (detik)	Tegangan (V)	P (Bar)	Arus (A)	Daya (watt)	Putaran	
							Turbin	Generator
1 Lampu (5 Watt)	26	60	10,7	2,3	1,1	11,7	346,9	843,7
2 Lampu (10 Watt)	26	60	9,63	2,3	1,07	10,3	342,6	837,1
3 Lampu (15 Watt)	26	60	8,84	2,3	1	8,84	337,5	834,2

4.4 Tabel Hasil Analisa Data

Tabel 4.4 Hasil Analisa Data Pengujian Tanpa Beban

Bukaan Katup Air	Volume (Liter)	Waktu (menit)	Tegangan (V)	Putaran (rpm)	H (mh2O)	Pin (Watt)
45°	1000	30	12,336	150,96	34	185,3
90°	1000	25	15,51	225,94	20,58	134,6

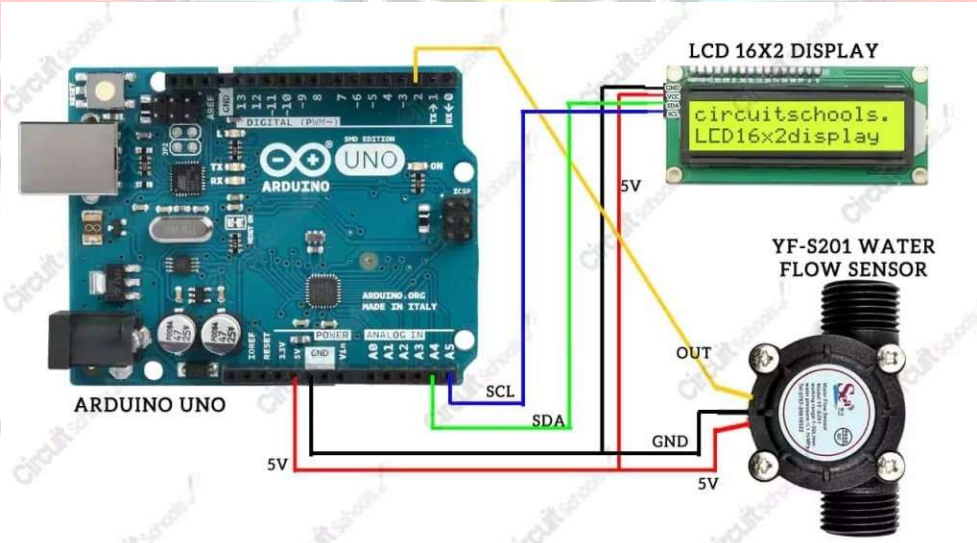
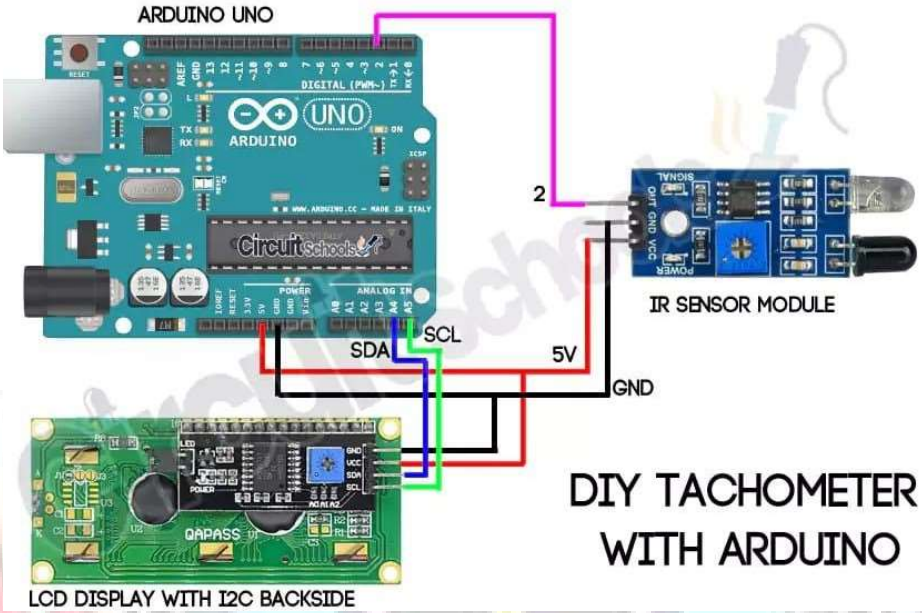
Tabel 4.5 Hasil Analisis Data Pengujian Berbeban Pada Bukaan Katup 45°

Beban	Volume (Liter)	Waktu (Detik)	Tegangan (V)	H (mH ₂ O)	Q (m ³ /s)	Pin (Watt)	Pout (Watt)	η (%)
Lampu 1	1000	1800	8,61	34	0,000556	184,54	4,22	2,29
Lampu 2	1000	1800	8,4	34,88	0,000556	190,11	6,80	3,58
Lampu 3	1000	1800	8,23	34,88	0,000556	190,11	9,14	4,81

Tabel 4.6 Hasil Analisis Data Pengujian Berbeban Pada Bukaan Katup 90°

Beban	Volume (Liter)	Waktu (Detik)	Tegangan (V)	H (mH ₂ O)	Q (m ³ /s)	Pin (Watt)	Pout (Watt)	η (%)
Lampu 1	1000	1500	10,77	35,91	0,000667	234,82	10,99	4,68
Lampu 2	1000	1500	9,21	35,91	0,000667	234,82	9,21	3,92
Lampu 3	1000	1500	8,74	35,91	0,000667	234,82	8,57	5,11

Lampiran D Rangkaian Arduino



Lampiran E Pin Rangkaian Output

Tabel E.1 Tabel Pin Rangkaian Output

Port Arduino	Keterangan
Pin 2	Sensor Kecepatan
Pin 3	Sensor Flowmeter




LEMBAR REVISI JUDUL TUGAS AKHIR

Nama : Andika Hamsah/Putri Aprilya R
 NIM : 34220053/34220062

Catatan Daftar Revisi Penguji :

No.	Nama	Uraian	Tanda Tangan
1.	Prof. Ir. Suryanto, M.Sc, Ph.D.	<ul style="list-style-type: none"> - Program arduino hanya menginput data aliran & satuan "litr" bukan "Liter/menit" - karakteristik efisiensi untuk penelitian sebelumnya perlu di masukkan sbg? balok perbandingan antara pengambilan data manual & digital - kesimpulan poin 1 perlu di senakan dan tujuan. km tidak ada perencanaan dari segi konstruksi. - kesimpulan poin 1 fokus ke monitoring kec. turbin & teg. keluaran generator. - disaran: masukkan saran 4/ menyimpan data (data logger) 	
2.	Gri Suwasti, S.ST., M.T.	<ul style="list-style-type: none"> - SOP tidak ada dalam laporan - Debit pd bukaan katup tanpa beban & bebahan berbeda - referensi Head 1,2 bar berasal dari mana? - Ada 2 data debit yakni dalam satuan $\text{L/m}^2 \times \text{m}^3/\text{s}$. Yomana Ys dipakai? - 4/ tanpa beban katup 90 di ratakan, bgtu rusa rs bebahan (grafik) 	
3.	Nur Rahmah, S.T., M.T.	<ul style="list-style-type: none"> - flow chart hal. 28 - dapus diperbaiki spalnya 	

Makassar, 11 September 2023
 Ketua Ujian Sidang,


 Sonong, S.T., M.T.
 NIP 196212021992031002

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