

RANCANG BANGUN *PROTOTYPE* SISTEM PLTMH MENGUNAKAN GENERATOR DC

Ady Prasetyo ; Hasyim Asy'ari, S.T., M.T.

Teknik Elektro, Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Kebutuhan energi listrik di tengah masyarakat sangat diperlukan dan menjadi kebutuhan dasar. Dalam kehidupan tidak terlepas dari manfaat energi listrik untuk segala aspek kegiatan. Pemanfaatan energi terbarukan dengan kondisi musim di Indonesia curah hujan cukup tinggi pada musim penghujan. Dapat dimanfaatkan pada sektor perairan dimana air yang mengalir di sungai untuk menggerakkan turbin yang terhubung pada generator DC untuk menghasilkan sumber listrik DC. Sistem pembangkit yang digunakan yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Menggunakan turbin ulir/*archimedes screw* yang terhubung pada generator DC sehingga dapat menghasilkan sumber listrik DC. Hal ini akan menciptakan suatu energi alternatif yang dapat dirasakan oleh masyarakat. Tidak fokus selamanya terhadap energi fosil yang tidak dapat didaur ulang untuk memenuhi kebutuhan energi listrik. Metode yang digunakan dalam penelitian rancang bangun *prototype* sistem PLTMH ini adalah studi literatur, observasi tempat, perancangan sistem, pengujian dan pengambilan data. Dalam pengambilan data dan pengamatan yang dilakukan, pada aliran sungai dilakukan perhitungan secara matematis mengenai debit air, rancangan bangun turbin ulir dengan bahan paralon PVC dan terhubung dengan generator DC. Pada penelitian ini dengan tujuan mengetahui energi listrik yang dapat dihasilkan oleh generator. Energi listrik yang dapat dihasilkan selama pengujian dalam waktu 6 hari sebesar 19029,79 mWh. Energi listrik terendah dihasilkan pada hari ke-2 dengan nilai sebesar 3064,9 mWh. Untuk energi listrik tertinggi dihasilkan pada hari ke-1 sebesar 3286,26 mWh.

Kata Kunci : energi listrik, generator DC, PLTMH.

Abstract

The need for electrical energy in the midst of society is very necessary and a basic need. In life can not be separated from the benefits of electrical energy for all aspects of activity. Utilization of renewable energy with seasonal conditions in Indonesia, rainfall is quite high during the rainy season. It can be utilized in the waters sector where water flowing in rivers drives turbines connected to DC generators to produce DC electricity. The generating system used is the Micro Hydro Power Plant (PLTMH). Using a screw turbine / Archimedes screw which is connected to a DC generator so that it can produce a DC power source. This will create an alternative energy that can be felt by the community. Not forever focus on fossil energy that can not be recycled to meet the needs of electrical energy. The method used in the research on the design of the PLTMH prototype system is a literature study, site observation, system design, testing and data collection. In data collection and observations made, in the flow of the river a mathematical calculation was carried out regarding the water discharge, the design of the screw turbine build with PVC paralon material and connected to a DC generator. In this study with the aim of knowing the electrical energy that can be generated by the generator. The electrical energy that can be generated during the test within 6 days is 19029.79 mWh. The lowest electrical energy was generated on day 2 with a value of 3064.9 mWh. For the highest electrical energy generated on day 1 of 3286.26 mWh.

Keywords: electric energy, DC generator, PLTMH.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di tengah masyarakat sangat diperlukan dan menjadi kebutuhan dasar. Kehidupan sehari-hari tidak terlepas dari manfaat energi listrik untuk mempermudah serta efisiensi dalam membantu kegiatan manusia. Kebutuhan energi listrik baik skala rumahan, industri, dan sektor usaha dapat merasakan manfaat adanya sumber energi listrik. Salah satu sumber energi listrik yang berasal dari sumber daya alam contohnya adalah energi fosil. Sumber energi fosil yang termasuk tidak dapat didaur ulang. Hal ini akan menimbulkan ketidaksinambungan terhadap lingkungan hidup yang tidak baik. Dengan adanya energi baru terbarukan masalah ini dapat merasakan solusi dan manfaatnya. Contoh pemanfaatan sumber energi terbarukan dengan sumber energi air. Negara tropis seperti negara Indonesia pada musim penghujan dapat memanfaatkan sumber energi air. Curah hujan yang cukup tinggi dapat dimanfaatkan di sektor perairan. Pada aliran sungai misalkan aliran irigasi untuk kebutuhan air pada area persawahan. Aliran air sungai yang mengalir dapat dijadikan media untuk memutarakan turbin yang terhubung pada generator listrik yang dapat menghasilkan sumber alternatif energi listrik. Akan tetapi pada masalah ini masyarakat setempat belum dapat memaksimalkan sumber energi air untuk dapat dijadikan sebuah alat atau sistem pembangkit yang dapat menghasilkan energi listrik (Pedro et al., 2013).

Pada pemanfaatan sumber energi air yaitu sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Mikrohidro adalah sistem pembangkit dengan menggunakan energi air dengan skala yang kecil untuk penggeraknya. Pada sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro dengan prinsip memanfaatkan energi air dalam hal ini adalah besaran ketinggian aliran air (*head*) dan debit aliran air. Besaran keluaran dari sistem pembangkit ini tergantung dari besarnya ketinggian jatuh air (*head*) dan debit aliran air. Dalam sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro komponen utamanya adalah generator dan turbin (Gunawan et al., 2013).

Generator merupakan mesin listrik yang digunakan untuk merubah dari energi mekanik menjadi energi listrik. Dalam hal ini menggunakan generator jenis *direct current* (DC). Pada generator DC terdapat kumparan jangkar dan bagian komponen rotor terletak diantara kutub medan magnet yang diam atau tidak bergerak. Generator bekerja dengan prinsip induksi elektromagnetik dimana ketika kumparan dalam medan magnet berputar akan timbul gerak gaya listrik (GGL). Menghasilkan energi listrik searah yang dapat digunakan sebagai sumber listrik komponen DC (Gunawan et al., 2013).

Turbin air merupakan salah satu turbin yang menggunakan energi air sebagai media kerjanya. Konstruksi turbin terdiri dari sudu-sudu dan poros dalam sistem mekaniknya. Pada turbin memiliki jenis prinsip kerja sesuai dengan tekanan air. Pada poros akan berputar bersamaan dengan sudu-sudunya mengalirkan aliran *fluida*, hal ini dinamakan dengan sudu tetap (*stationary blade*). Poros turbin akan merubah gerak untuk menimbulkan gaya putar hal ini dipengaruhi oleh arah kecepatan

aliran fluida dan dinamakan dengan sudu putar (*rotary blade*). Turbin ulir atau *archimedes screw* adalah jenis turbin dengan prinsip kerja *archimedes* untuk mengkonversi energi potensial air menjadi energi atau tenaga. Prinsip kerjanya adalah dengan memanfaatkan tekanan energi air mengalir yang masuk pada sudu turbin melalui bilah-bilahnya. Sudu turbin akan terjadi penurunan tekanan sebanding dengan penurunan kecepatan aliran air akibat adanya hambatan pada bilah sudu turbin yang akan menggerakkan turbin (Putra et al., 2018).

Pada rancang bangun *prototype* sistem PLTMH ini dengan menggunakan jenis turbin ulir/*archimedes screw*. Disesuaikan dengan medan pengujian *prototype* sistem PLTMH dimana saluran irigasi memiliki ketinggian (*head*) yang rendah. Ketepatan mengenai prinsip kerja dari turbin ulir/*archimedes screw* ini dapat bekerja dengan baik pada ketinggian (*head*) yang rendah sehingga memiliki efisien yang tinggi. Faktor lain yang mempengaruhi kinerja dari turbin ulir/*archimedes screw* adalah sudut kemiringan *head* turbin, akan berpengaruh pada efisiensi kerja turbin. Pada sudut kemiringan yang besar akan mempengaruhi efisiensi yang rendah dikarenakan aliran air akan mulai keluar dari jalur kanal dan mempengaruhi volume air pada *bucket* yang dapat terkonversi menjadi daya turbin. Faktor selanjutnya adalah jumlah bilah turbin, akan berpengaruh pada torsi turbin. Semakin banyak jumlah bilah turbin maka torsi yang dihasilkan akan menurun, hal ini dipengaruhi oleh volume pada bucket yang semakin berkurang dan mengakibatkan kinerja turbin semakin menurun (Nurdin et al., 2018).

2. METODE

2.1 Tahapan Penelitian

a) Studi literatur

Studi literatur adalah tahapan awal proses penelitian yang berkaitan dengan referensi dari topik yang diangkat. Dalam studi literatur ini dengan mengumpulkan informasi dari jurnal ilmiah, internet, makalah, buku dan sejenisnya yang berkaitan dengan topik yang diangkat pada tugas akhir. Berkaitan dengan sistem rancang bangun yang dibuat, meliputi generator DC, turbin ulir/*archimedes screw* dan sistem elektronika.

b) Observasi Tempat

Dalam observasi tempat berkaitan dengan rancang bangun prototipe PLTMH dari segi medan sungai debit air yang dihasilkan serta ketinggian air (*head*). Sungai yang digunakan pengujian alat memiliki ketinggian (*head*) yang sangat rendah, maka perlu perancangan sistem yang tepat agar alat dapat berjalan semestinya.

c) Perancangan Sistem

Perancangan untuk sistem prototipe PLTMH sesuai dengan skema perancangan dimana terdapat beberapa komponen utama seperti generator DC dan turbin ulir. Perancangan

sistem elektronika dirancang untuk monitoring keluaran tegangan, arus, daya, energi dan RPM yang dihasilkan oleh sistem *prototype*.

d) Pengujian dan pengambilan data

Tahapan pengujian alat dan pengambilan data dilakukan di aliran sungai, alat terpasang dan sistem berjalan dengan baik. Pengambilan beberapa parameter data diantaranya adalah :

- Besaran debit aliran air sungai yang mengalir dengan menggunakan metode pelampung.
- Kecepatan putar generator DC yang terhubung pada *gear* turbin dengan sensor E18-D80NK.
- Hasil keluaran generator diukur menggunakan sensor INA219. Terdapat hasil nilai keluaran generator yaitu tegangan, arus, daya, dan energi listrik.
- Pada sistem monitoring akan menampilkan hasil dari keluaran generator yang berupa tegangan, arus, daya, energi listrik dan RPM.

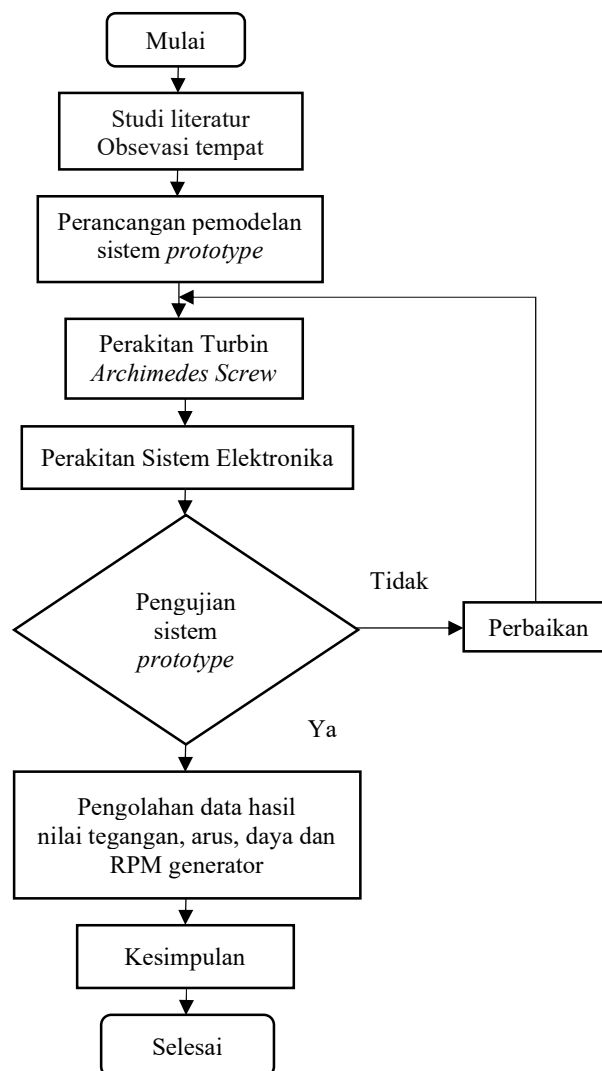
2.2 Alat dan Bahan

Tabel 1. Alat dan Bahan

Alat dan Bahan	Jumlah
Generator DC	1
Turbin ulir/ <i>archimedes screw</i>	1
Katrol (<i>gear</i>)	2
Rantai	1
Sakelar	1
<i>Shaft</i>	1
<i>Bearing</i> duduk	2
Kabel NYAF 0,75 mm ²	Secukupnya
Lampu <i>LED</i>	13
<i>Arduino</i>	1
Sensor INA219	1
Sensor <i>proximity</i> E18-D80NK	1
<i>Buck converter arduino</i>	1
MCB DC	1
<i>Fuse cartridge</i>	1
Kabel USB	1

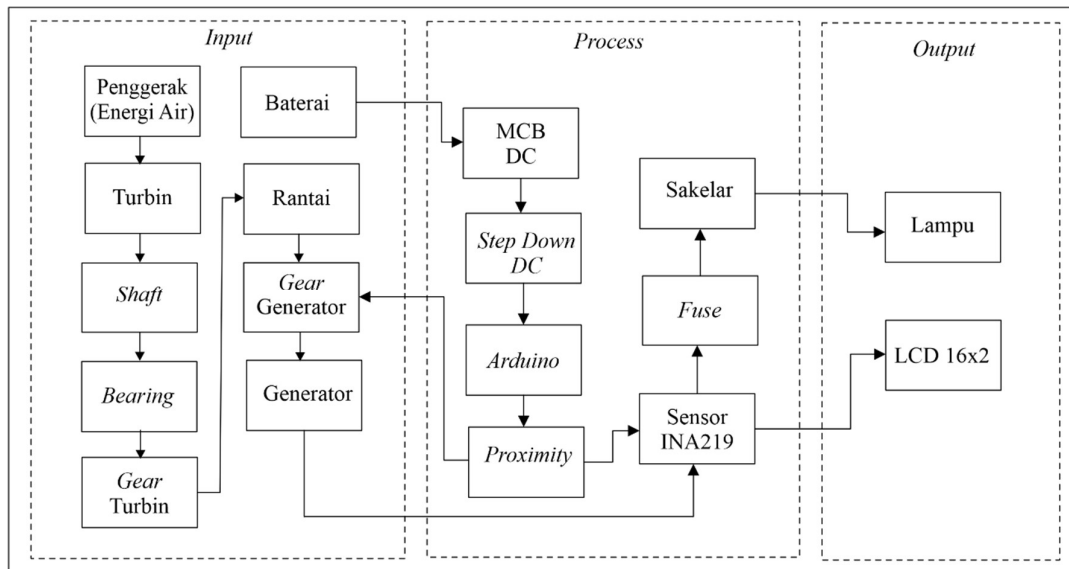
<i>Project board mini</i>	1
Terminal	1
Rel panel	1
LCD I2C 16x2	1
Kabel Jumper	Secukupnya
Baterai/aki 12 VDC	1
<i>Box panel</i>	1

2.2 Flowchart/Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. *Flowchart/Diagram Alir Penelitian*

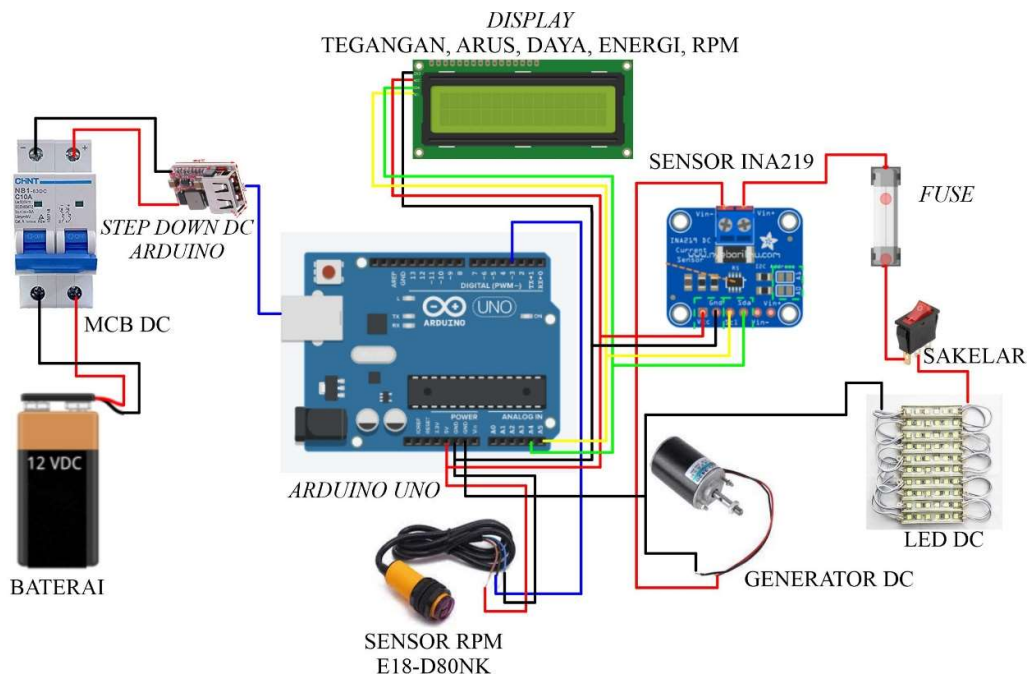
2.2 Diagram Blok Sistem



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem pada gambar 2 merupakan penggabungan antara sistem rancang mekanik dan sistem elektronika. Pada sistem rancang mekanik termasuk dalam inputan sistem penggerak untuk turbin ulir/*archimedes screw*. Sistem mekanik tersusun dari beberapa komponen pendukung seperti tubin ulir, *shaft*, *bearing*, *gear* turbin, rantai, *gear* generator, dan generator. Keseluruhan komponen dirancang dengan perhitungan agar ketepatan kerja turbin dapat berputar dengan baik dan dapat menggerakkan generator untuk merubah energi mekanik menjadi energi listrik. Pada sistem elektronika dimulai dari generator DC sebagai sumber energi listrik yang menyuplai ke beban. Hasil dari energi listrik yang dihasilkan generator selanjutnya akan diproses. Pada inputan dimana baterai 12 VDC diturunkan menjadi 5 VDC sebagai suplai untuk *arduino*. *Arduino* digunakan sebagai mikrokontroler dan sensor yang digunakan dalam sistem ini yaitu sensor INA219 digunakan untuk pengukuran tegangan DC (V), arus (I), dan daya (P). Sensor *proximity* E18-D80NK digunakan untuk pengukuran kecepatan RPM pada *gear* generator. Setelah sensor melakukan pengukuran maka akan tertampil pada *display* LDC I2C. Komponen *fuse* digunakan sebagai pengaman rangkaian dan sakelar digunakan untuk pengontrol pada lampu.

2.3 Perancangan *Hardware*

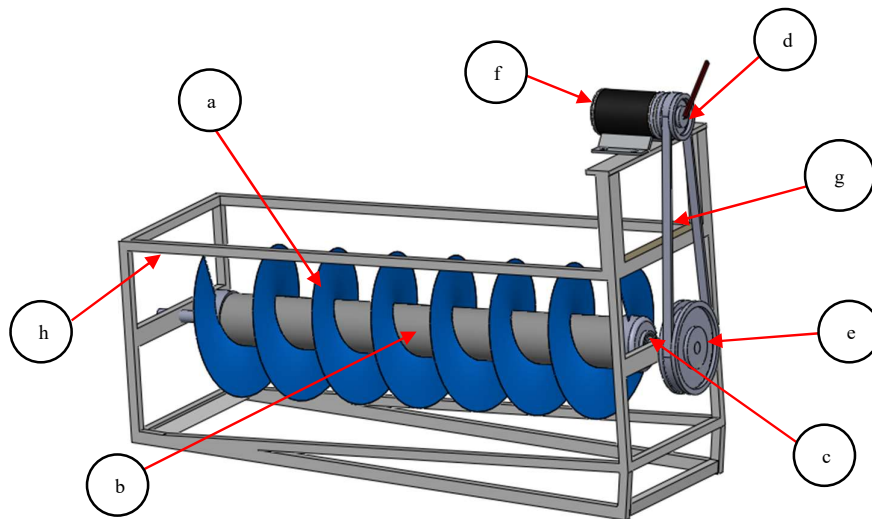


Gambar 3. Perancangan *Hardware*

Perancangan *hardware* pada gambar 3 merupakan implementasi dari hasil daya yang dihasilkan oleh generator DC untuk menyuplai pada beban. Keluaran tegangan dan arus yang dihasilkan oleh generator akan diproses secara digital oleh sistem perancangan elektronika. Baterai 12 VDC yang di *step down* menjadi 5 VDC digunakan sebagai *power supply* untuk komponen *arduino* dan MCB DC digunakan untuk pengaman, pemutus, dan penyambung dari baterai. Pada saat sistem berjalan generator menyuplai energi pada beban maka keluaran akan diproses secara digital. Komponen *arduino uno* sebagai mikrokontroler yang digunakan untuk pemrograman dari sensor INA219 dan sensor *proximity* E18-D80NK. Pada sensor INA219 akan memproses hasil keluaran arus, tegangan, daya dan energi dari generator. Pada polaritas positif generator terhubung pada terminal positif sensor INA219 dan terminal negatif terhubung pada beban. VCC terhubung pada pin 5 V *arduino* dan *ground* terhubung pada pin GND. Pin SDA terhubung ke pin A4 dan PIN SCL ke pin A5, hal ini digunakan proses serial komunikasi secara digital. Pada sensor INA219 mampu untuk pengukuran tegangan maksimal 26 VDC dan arus maksimal 3,2 A. Pada sensor *proximity* E18-D80NK digunakan sebagai sensor pengukuran RPM generator. Terdapat tiga kabel dari *hardware*, vcc (+) terhubung pada pin 5V, kabel ground terhubung pada pin GND, dan kabel data terhubung pada pin 3 digital *arduino*. Prinsip kerja sensor *proximity* E18-D80NK mendeteksi adanya suatu

benda tanpa kontak fisik, hal ini adanya sistem *infrared* pada sensor. Sensor bekerja saat sinar infra merah mengenai suatu bidang reflektif, untuk bidang reflektif berwarna putih. Indikator *led* akan menyala jika sensor mengenai bidang berwarna putih. Dari hasil sensor INA219 dan sensor *proximity* E18-D80NK dan tertampil pada *display* LCD I2C, akan menampilkan hasil dari nilai tegangan, arus, daya, energi dan RPM. Pada komponen *fuse cartridge* berfungsi sebagai penghubung dan pengamanan pada beban. Sakelar berfungsi untuk mengontrol kondisi *on/off* beban lampu LED.

2.4 Perancangan Desain Mekanik *Prototype*



Gambar 4. Perancangan Desain Mekanik *Prototype*

Keterangan :

- a. Turbin ulir/*archimedes screw*
- b. Poros Turbin
- c. *Bearing*
- d. *Gear* generator
- e. *Gear* turbin
- f. Generator DC
- g. Rantai
- h. Kerangka Turbin

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2. Spesifikasi Generator DC

Spesifikasi Generator DC	
Jenis	Generator DC
Model	ZY86424
Kapasitas	30 W
Poros <i>Pulley</i> / As	0,5 cm
<i>Output</i> Tegangan	24 V
Arus	1,5 A
RPM	500 RPM

Generator yang digunakan dalam perancangan *prototype* adalah jenis generator DC. Generator DC adalah mesin listrik yang dapat menghasilkan sumber listrik searah atau *direct current*. Model generator dengan ZY86424, poros *pulley/as* sebesar 0,5 cm, kapasitas generator 30 W, *output* tegangan sebesar 24 V, arus 1,5 A dan kecepatan putar 500 RPM. Pada generator DC akan menghasilkan keluaran tegangan maksimal ketika rotasi putaran mencapai 500 RPM.

Tabel 3. Spesifikasi Turbin Ulir/*Archimedes Screw*

Parameter	Nilai
Diameter <i>blade</i>	0,32 m
Diameter poros <i>blade</i>	0,11 m
Diameter poros	0,0508 m
Jumlah <i>blade</i>	7 Buah
Panjang Turbin	1,5 m

Turbin ulir/*archimedes screw* memiliki spesifikasi fisik yaitu diameter luar pada *blade/sudu* 0,32 m dan diameter poros *blade/sudu* 0,11 m. Pada diameter poros tengah sebesar 0,0508 m dengan jumlah *blade/sudu* 7 buah dan panjang turbin 1,5 m.

3.1 Sistem Perancangan Mekanik

Pada sistem perancangan mekanik terdapat komponen utama yaitu turbin ulir/*archimedes screw*. Sistem kerja dari rancang bangun *prototype* adalah dengan memanfaatkan energi potensial energi air untuk memutar turbin ulir yang terhubung pada generator. Pada sistem perancangan mekanik penelitian ini untuk turbin ulir/*archimedes screw* terbuat dari kerangka besi *hollow*. Ukuran kerangka dengan panjang 150 cm, lebar 50

cm, dan tinggi 50 cm, yang akan menopang turbin agar dapat berputar dengan baik. Turbin ulir/*archimedes screw* terbuat dari bahan PVC yang dapat bekerja dan tahan terhadap air, sehingga konstruksi turbin tahan terhadap hantaman air yang mengalir. Terdapat poros turbin yang terbuat dari paralon PVC dengan ukuran 2 *inch* didalamnya terdapat poros besi dengan ukuran 1 cm. Poros turbin menyatu dengan ulirnya dan tersambung pada dua poros *bearing* agar dapat berputar dengan baik. Terdapat *galvalum* dengan bentuk setengah lingkaran yang berfungsi untuk menerima laju air yang mengalir. Terdapat sistem transmisi dari turbin menuju pada generator dengan menggunakan komponen *gear* dan rantai. Pada saat turbin berputar maka poros akan memutar *gear* turbin dan terhubung pada *gear* generator. Perbandingan pada *gear* turbin dan genarator dengan tujuan memaksimalkan energi mekanis dari turbin. Generator akan berputar secara konstan dan dapat menghasilkan energi listrik.



Gambar 5. Turbin Tampak Depan



Gambar 6. Turbin Tampak Atas



Gambar 7. Turbin Tampak Samping



Gambar 8. Box Panel

3.2 Pengolahan Data

Hasil keluaran generator yang digunakan untuk menyuplai pada beban akan diproses oleh sensor INA219 yang digunakan untuk pengukuran tegangan DC (V), arus (I), daya (P), dan energi (W). Sensor *proximity* (E18-D80NK) digunakan untuk pengukuran rpm generator. Pengolahan data dilakukan sebagai berikut :

3.2.1 Debit aliran air sungai

$$Q = v \times A \quad (1)$$

Keterangan :

Q = Debit aliran sungai (m^3/s)

v = Kecepatan Aliran (m/s)

A = Luas Penampang (m^2)

$$v = D/t \quad (2)$$

Keterangan :

D = Jarak penampang (m)

t = Waktu (s)

$$A = l \times d \quad (3)$$

Keterangan :

l = Lebar (m)

d = Kedalaman sungai (m)

3.2.2 Daya Beban

$$P = V \times I \quad (4)$$

Keterangan :

P = Daya Listrik (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Kuat Arus Listrik (Ampere)

3.2.3 Energi yang dihasilkan

$$W = V \times I \times t \quad (5)$$

Keterangan :

W = Energi listrik (Joule)

V = Tegangan (Volt)

I = Kuat arus listrik (Ampere)

t = waktu (*second*)

3.3 Hasil Pengukuran Keluaran Generator

3.3.1 Pengujian Hari ke-1

Tabel 4. Data Pengujian Hari ke-1

Waktu	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)	Energi (mWh)	Debit m ³ /s	RPM
07.00	7,39	36,1	266,779	0	0,2	274
08.00	7,08	25,2	178,416	193,25	0,2	272
09.00	7	24,3	170,1	386,32	0,2	272
10.00	7,39	36,8	271,952	579,69	0,2	274
11.00	6,9	22,1	152,49	772,91	0,2	272
12.00	7,54	38,3	288,782	966,26	0,2	274
13.00	7,45	39,3	292,785	1159,76	0,2	274
14.00	7,54	38,3	288,782	1353,08	0,2	274
15.00	7,24	31,2	225,888	1546,33	0,2	273
16.00	7	24,3	170,1	1739,83	0,2	272
17.00	7,39	36,8	271,952	1933,03	0,2	274
18.00	6,9	22,1	152,49	2126,66	0,2	272
19.00	7,54	38,3	288,782	2319,89	0,2	274
20.00	7,39	36,8	271,952	2513,04	0,2	274
21.00	7,45	39,3	292,785	2706,36	0,2	274
22.00	7,24	31,2	225,888	2899,51	0,2	273
23.00	6,92	20,8	143,936	3092,71	0,2	272
24.00	7,24	31,2	225,888	3286,26	0,2	273
Rata-rata	7,315	33,65	246,3335	1739,69	0,2	273

3.3.2 Pengujian Hari ke-2

Tabel 5. Data Pengujian Hari ke-2

Waktu	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)	Energi (mWh)	Debit m ³ /s	RPM
07.00	7,22	27,3	197,106	0	0,2	273
08.00	7,1	24,03	170,613	180,25	0,2	272
09.00	7,45	39,2	292,04	360,45	0,2	274
10.00	7,32	33,3	243,756	540,76	0,2	274
11.00	7,31	32,9	240,499	721,17	0,2	274
12.00	7,18	30,03	215,6154	908,53	0,2	272
13.00	7,15	28,9	206,635	1081,78	0,2	272
14.00	6,78	17,3	117,294	1262,10	0,2	272
15.00	7,19	30,5	219,295	1442,52	0,2	272
16.00	7,32	33,3	243,756	1622,83	0,2	274
17.00	6,78	17,3	117,294	1803,03	0,2	272
18.00	7,19	30,5	219,295	1983,28	0,2	272
19.00	7,31	32,9	240,499	2163,51	0,2	274

20.00	7,18	30,03	215,6154	2343,65	0,2	272
21.00	7,15	28,9	206,635	2524,07	0,2	272
22.00	7,1	24,03	170,613	2704,17	0,2	272
23.00	7,45	39,2	292,04	2884,59	0,2	274
24.00	7,32	33,3	243,756	3064,9	0,2	274
Rata-rata	7,27	30,3	220,431	1622,97	0,2	273

3.3.3 Pengujian Hari ke-3

Tabel 6. Data Pengujian Hari ke-3

Waktu	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)	Energi (mWh)	Debit m ³ /s	RPM
07.00	7,15	28,9	206,635	0	0,2	272
08.00	6,78	17,3	117,294	185,20	0,2	272
09.00	7,19	30,5	219,295	370,30	0,2	272
10.00	7,32	33,3	243,756	555,62	0,2	274
11.00	7,16	26,4	189,024	740,83	0,2	272
12.00	7,16	30,5	218,38	926,25	0,2	272
13.00	7,33	33,98	249,0734	1111,39	0,2	274
14.00	7,1	23,9	169,69	1296,69	0,2	272
15.00	7,4	36,6	270,84	1481,89	0,2	274
16.00	6,78	20,34	137,9052	1666,99	0,2	272
17.00	7,31	32,9	240,499	1852,24	0,2	274
18.00	6,91	20,5	141,655	2037,56	0,2	272
19.00	7,3	29,3	213,89	2222,77	0,2	274
20.00	7,31	32,9	240,499	2407,92	0,2	274
21.00	7,18	30,03	215,6154	2593,24	0,2	272
22.00	7,15	28,9	206,635	2778,34	0,2	272
23.00	7,32	33,3	243,756	2963,54	0,2	274
24.00	7,38	35,02	258,4476	3148,74	0,2	274
Rata-rata	7,265	31,96	232,5413	1667,03	0,2	273

3.3.4 Pengujian Hari ke-4

Tabel 7. Data Pengujian Hari ke-4

Waktu	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)	Energi (mWh)	Debit m ³ /s	RPM
07.00	7,31	32,9	240,499	0	0,2	274
08.00	6,86	20,6	141,316	190,20	0,2	272
09.00	7,46	38,2	284,972	380,35	0,2	274
10.00	7,47	38,3	286,101	570,6	0,2	274
11.00	7,03	24,05	169,0715	760,75	0,2	272

12.00	6,91	20,5	141,655	950,85	0,2	272
13.00	7,3	29,3	213,89	1141,15	0,2	274
14.00	7,31	32,9	240,499	1331,35	0,2	274
15.00	7,18	30,03	215,6154	1521,5	0,2	272
16.00	7,15	28,9	206,635	1711,8	0,2	272
17.00	7,33	33,98	249,0734	1901,95	0,2	274
18.00	7,03	24,05	169,0715	2092,15	0,2	272
19.00	7,33	33,98	249,0734	2282,25	0,2	274
20.00	7,03	23,6	165,908	2472,6	0,2	272
21.00	7,38	35,02	258,4476	2662,8	0,2	274
22.00	7,16	26,4	189,024	2852,9	0,2	272
23.00	7,46	38,2	284,972	3043,05	0,2	274
24.00	7,33	33,98	249,0734	3233,15	0,2	274
Rata-rata	7,32	33,44	244,7862	1711,72	0,2	273

3.3.5 Pengujian Hari ke-5

Tabel 8. Data Pengujian Hari ke-5

Waktu	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)	Energi (mWh)	Debit m ³ /s	RPM
07.00	7,44	38,7	287,928	0	0,2	274
08.00	6,9	19,8	136,62	183,15	0,2	272
09.00	7,19	28,8	207,072	366,35	0,2	272
10.00	7,05	20,4	143,82	549,45	0,2	272
11.00	7,35	35,2	258,72	732,6	0,2	274
12.00	6,86	20,6	141,316	915,80	0,2	272
13.00	7,05	20,4	143,82	1099,10	0,2	272
14.00	7,05	20,4	143,82	1282,15	0,2	272
15.00	7,4	36,4	269,36	1465,35	0,2	274
16.00	7,39	32,9	243,131	1648,65	0,2	274
17.00	6,79	17,05	115,7695	1831,85	0,2	272
18.00	7,04	24,41	171,8464	2014,95	0,2	272
19.00	7,01	25,15	176,3015	2198,1	0,2	272
20.00	7,27	31,7	230,459	2381,4	0,2	273
21.00	7,01	25,15	176,3015	2564,6	0,2	272
22.00	7,27	31,7	230,459	2747,7	0,2	273
23.00	7,12	26,3	187,256	2930,95	0,2	272
24.00	7,01	25,15	176,3015	3114,2	0,2	272
Rata-rata	7,225	31,925	232,1148	1648,60	0,2	272

3.3.6 Pengujian Hari ke-6

Tabel 9. Data Pengujian Hari ke-6

Waktu	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)	Energi (mWh)	Debit m ³ /s	RPM
07.00	7,32	33,3	243,756	0	0,2	274
08.00	7,31	32,9	240,499	187,15	0,2	274
09.00	7,18	30,03	215,6154	374,35	0,2	272
10.00	7,15	28,9	206,635	561,65	0,2	272
11.00	7,39	32,9	243,131	746,8	0,2	274
12.00	6,79	17,05	115,7695	936,10	0,2	272
13.00	7,04	24,41	171,8464	1123,30	0,2	272
14.00	7,15	28,9	206,635	1310,50	0,2	272
15.00	7,27	31,7	230,459	1497,6	0,2	273
16.00	7,33	33,98	249,0734	1684,8	0,2	274
17.00	7,03	23,6	165,908	1872,15	0,2	272
18.00	7,38	35,02	258,4476	2059,35	0,2	274
19.00	7,16	26,4	189,024	2246,55	0,2	272
20.00	7,4	36,4	269,36	2433,75	0,2	274
21.00	7,39	32,9	243,131	2621,05	0,2	274
22.00	7,4	36,4	269,36	2808,6	0,2	274
23.00	7,04	24,41	171,8464	2995,45	0,2	272
24.00	7,39	32,9	243,131	3182,54	0,2	274
Rata-rata	7,355	33,1	243,4435	1684,846	0,2	274

Hasil pengujian rancang bangun *prototype* sistem PLTMH dengan generator DC, menunjukkan adanya perbedaan keluaran yang dihasilkan. Data pengujian *prototype* yang ditunjukkan pada tabel 1-6. Berdasarkan data hasil pengujian yang dilakukan ada hari pertama diperoleh nilai hasil rata-rata tegangan sebesar 7,315 V, nilai rata-rata arus sebesar 33,65 mA, nilai rata-rata daya sebesar 246,33 mW, dan total hasil energi sebesar 3286,26 mWh. Pada hari kedua diperoleh nilai hasil rata-rata tegangan sebesar 7,27 V, nilai rata-rata arus sebesar 30,3 mA, nilai rata-rata daya sebesar 220,43 mW, dan total hasil energi sebesar 3064,9 mWh. Pada hari ketiga diperoleh nilai hasil rata-rata tegangan sebesar 7,265 V, nilai rata-rata arus sebesar 31,96 mA, nilai rata-rata daya sebesar 232,54 mW, dan total hasil energi sebesar 3148,74 mWh. Pada hari keempat diperoleh nilai hasil rata-rata tegangan sebesar 7,32 V, nilai rata-rata arus sebesar 33,4 mA, nilai rata-rata daya sebesar 244,79 mW, dan total hasil energi sebesar 3233,15 mWh. Pada hari kelima diperoleh nilai hasil rata-rata tegangan sebesar 7,255 V, nilai rata-rata arus sebesar 31,925 mA, nilai rata-rata daya sebesar 232,11 mW, dan total hasil energi sebesar 3114,2 mWh. Pada hari keenam diperoleh nilai

hasil rata-rata tegangan sebesar 7,355 V, nilai rata-rata arus sebesar 33,1 mA, nilai rata-rata daya sebesar 243,44 mW, dan total hasil energi sebesar 3182,54 mWh.

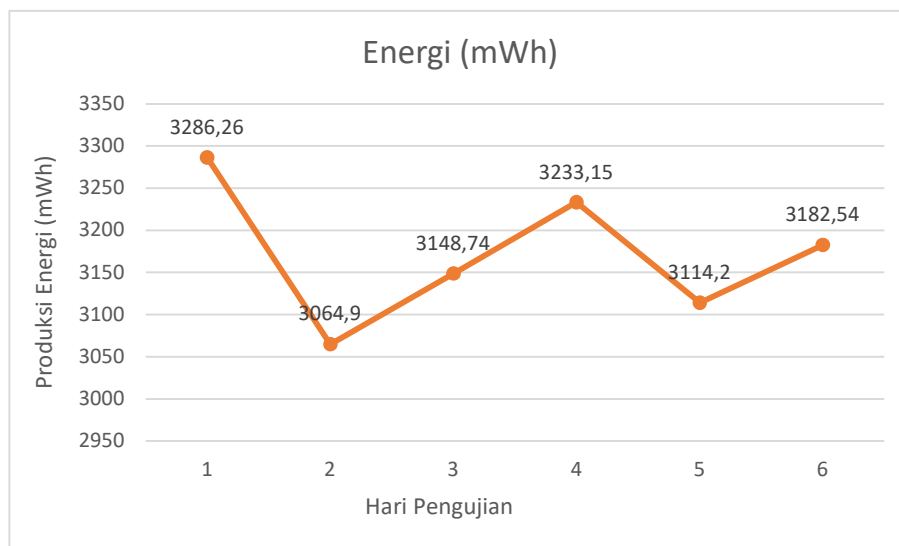
3.4 Analisis Produksi Energi

Pengujian pada rancang bangun *prototype* sistem PLTMH yang dilakukan dalam waktu enam hari dapat menghasilkan total energi listrik. Dengan mengkalkulasi seluruh hasil energi yang dihasilkan.

Tabel 10. Data Hasil Energi

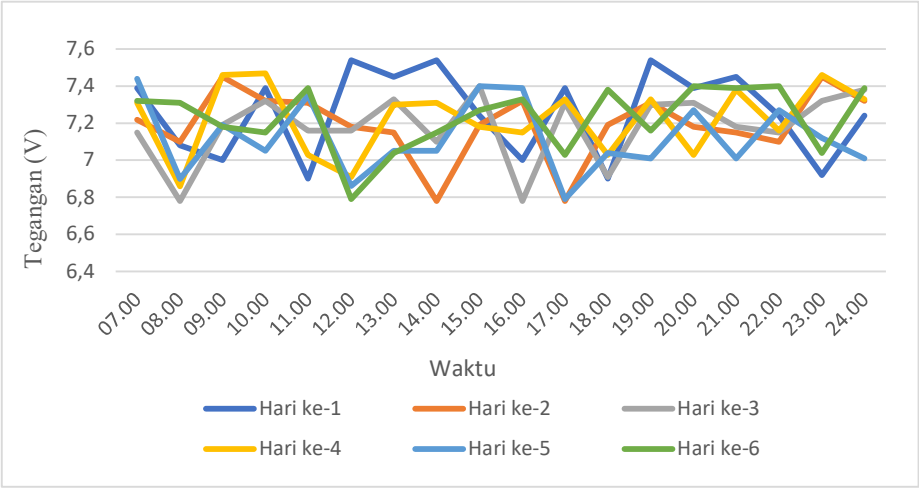
Pengujian	Energi (mWh)
Hari ke-1	3286,26
Hari ke-2	3064,9
Hari ke-3	3148,74
Hari ke-4	3233,15
Hari ke-5	3114,2
Hari ke-6	3182,54
Total	19029,79

Berdasarkan hasil data pada tabel 10 produksi energi yang dapat dihasilkan oleh sistem pembangkit dari hari ke-1 sampai hari ke-6 adalah sebesar 19029,79 mWh atau 19, 03 Wh.



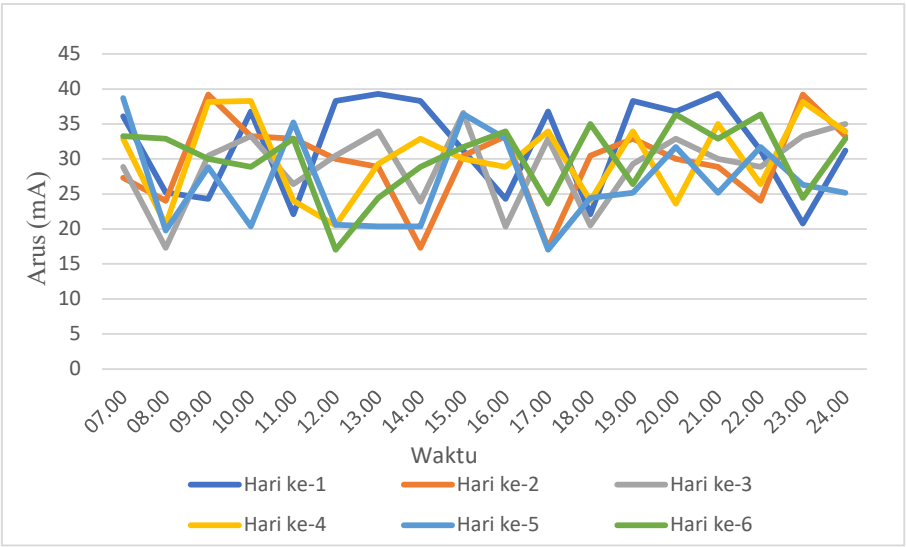
Gambar 9. Perbandingan Hasil Energi

Pada gambar 9 energi yang dapat dihasilkan oleh sistem pembangkit dengan waktu pengujian selama 6 hari. Rata-rata energi yang dapat dihasilkan selama 6 hari adalah sebesar 3171,6 mWh.



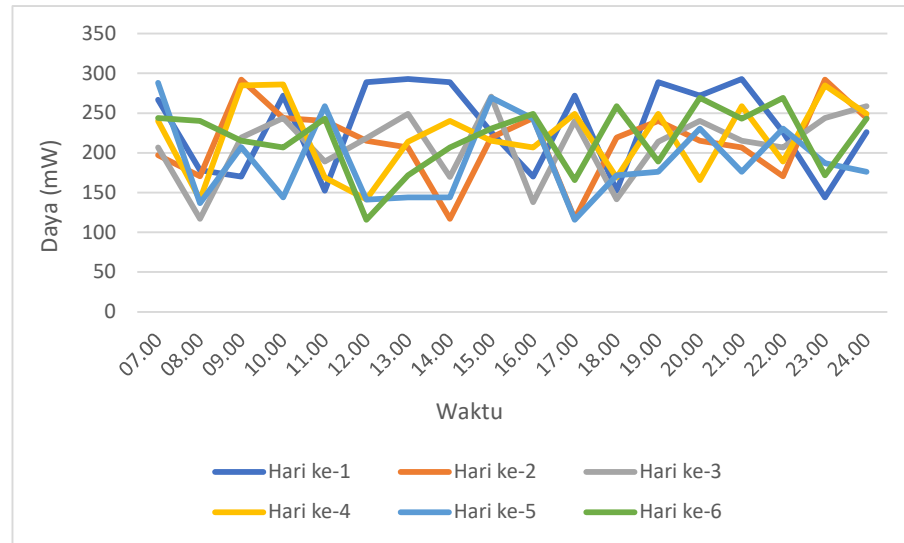
Gambar 10. Perbandingan Rata-Rata Tegangan

Pada gambar 10 tegangan yang dapat dihasilkan oleh sistem pembangkit dengan waktu pengujian selama 6 hari. Rata-rata tegangan yang dapat dihasilkan selama 6 hari adalah sebesar 7,3 V.



Gambar 11. Perbandingan Rata-Rata Arus

Pada gambar 11 arus yang dapat dihasilkan oleh sistem pembangkit dengan waktu pengujian selama 6 hari. Rata-rata arus yang dapat dihasilkan selama 6 hari adalah sebesar 32,4 mA.



Gambar 12. Perbandingan Rata-Rata Daya

Pada gambar 12 daya yang dapat dihasilkan oleh sistem pembangkit dengan waktu pengujian selama 6 hari. Rata-rata daya yang dapat dihasilkan selama 6 hari adalah sebesar 236,61 mW.

4. PENUTUP

Berdasarkan pengambilan data dan percobaan pada Tugas Akhir dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Pada rancang bangun *prototype* menggunakan turbin ulir dikarenakan pada medan aliran sungai dengan ketinggian (*head*) yang rendah.
- Menggunakan generator DC yang dapat menghasilkan sumber listrik searah (*direct current*) untuk kebutuhan beban DC.
- Konstruksi turbin dengan bahan paralon PVC dengan spesifikasi diameter *blade* 32 cm, diameter poros *blade* 11 cm, panjang turbin 150 cm, lebar turbin 50 cm, tinggi turbin 50 cm, jumlah *blade*/ ulir 7 buah dan diameter poros 2 *inch*.
- Energi tertinggi dihasilkan pada hari ke-1 dengan nilai energi sebesar 3286,26 mWh. Untuk energi terendah dihasilkan pada hari ke-2 dengan nilai energi sebesar 3064,9 mWh.
- Rata-rata untuk per hari mampu menghasilkan energi listrik sebesar 3171,63 mWh. Total energi listrik yang dihasilkan dalam waktu 6 hari sebesar 19, 03 Wh.

PERSANTUNAN

Dengan mengucap rasa syukur alhamdulillah kepada Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan segala rahmat kasih sayang serta kemudahan dalam melaksanakan segala bentuk kegiatan pada Tugas Akhir dengan baik. Semoga ilmu yang didapat berguna dalam kehidupan dunia dan akhirat kelak nanti. Penulis mengucapkan terima kasih yang sangat amat dalam kepada para pihak yang telah memberikan doa, dukungan, semangat, motivasi pengerjaan Tugas Akhir ini kepada :

1. Allah SWT yang memberikan segala rahmat, hidayah, ridho-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
2. Kedua orang tua yang selalu memberikan doa, dukungan, semangat tidak mengenal menyerah, dan materi kepada penulis.
3. Keluarga besar di kota Sragen yang selalu memberikan doa dan motivasi kepada penulis.
4. Bapak Hasyim Asy'ari, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing, memberi arahan, masukan dan doa kepada penulis.
5. Keluarga asisten laboratorium Teknik Elektro UMS angkatan 2021, 2020, dan 2019 yang telah memberikan doa dan segala bentuk bantuan kepada penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir.
6. Keluarga kecil penulis di kampus Muhasabah Diri yang terus memberikan doa dan segala dukungan kepada penulis.
7. Semua teman dan sahabat yang selalu memberikan doa dan semangat. Terkhusus sahabat baik dari kecil Ari Mahmudi, Putri Fitriana, S.Kom dan Braham Ibnu Khasanah yang telah membantu penyelesaian Tugas Akhir penulis.
8. Semua teman seperjuangan yang tidak dapat dituliskan satu per satu.

DAFTAR PUSTAKA

- Gunawan, Oktafeni, dan Wahyuni. (2013). Pemantauan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). In *Jurnal Rekayasa Elektrika* (Vol. 10, Issue 4). Hal. 202-206.
- Nurdin. (2018). Kajian Teoritis Uji Kerja Turbin Archimedes Screw Pada Head Rendah. *Jurnal simetris*, 9(2). Hal. 783-796.
- Pedro dan Badaruddin. (2013). Studi Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Air Alternative Microhydro. *Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Vol.4 No.3*. Hal. 82-90.
- Putra, Weking, dan Jasa. (2018). Analisa Pengaruh Tekanan Air Terhadap Kinerja PLTMH dengan Menggunakan Turbin *Archimedes Screw*. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 17(3). Hal. 385-392.
- Pangestu, Djafar, dan Mustofa. (2022). Desain Turbin Spiral pada Perancangan Sistem PLTMH Skala Mikro. *Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo (JTPG)* (Vol. 7, Issue 1). Hal. 7-11.
- Prabowo, Faidil, Alham, Siregar dan Jurdun. (2021). Pengukuran Arus dan Tegangan pada Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) berdasarkan Debit dan Kecepatan Air. *J-Eltrik*, 2(1), 55. Hal. 20-27.
- Doda dan Mohammad. (2018). Analisis Potensi Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Di Kabupaten Bone Bolango. *Journal of Infrastructure & Science Engineering. Vol 1-No. 1*. Hal. 1-10.
- Myson dan Aritonang. (2019). Generator DC 12 Volt dengan Kapasitas 270 Watt untuk PLTMH Dijalan Bintara Sungai Duren Kecamatan Jambi Luar Kota Kabupaten Muara Jambi. *Journal of Electrical Power Control and Automation (JEPCA)*, 2(1). Hal. 16-20.
- Nasir. (2014). Design Considerations Of Micro-Hydro-Electric Power Plant. *Energy Procedia*, 50. Hal. 19–29.
- Pasalli and Rehiara. (2014). Design Planning of Micro-hydro Power Plant in Hink River. *Procedia Environmental Sciences*, 20. Hal. 55–63.
- Rorres. (2000). The Turn of the Screw: Optimal Design of an Archimedes Screw. *Journal of Hydraulic Engineering*, 126(1). Hal. 72–80.