

RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PICOHYDRO
DENGAN MENGGUNAKAN TURBIN *DOUBLE ARCHIMEDES SCREW*



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
pendidikan diploma empat (D-4) Program Studi Teknik Pembangkit Energi

Jurusan Teknik Mesin

Politeknik Negeri Ujung Panjang

ARIYO SETIAWAN

442 18 009

WILDA LENGKE' BATARA

442 18 024

PROGRAM STUDI D-4 TEKNIK PEMBANGKIT ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2022

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul **Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga *Picohydro***
Dengan Menggunakan Turbin *Double Archimedes Screw* oleh Ariyo Setiawan
NIM 44218009 dan Wilda Lengke' Batara NIM 44218024 dinyatakan layak untuk
diujikan.

Makassar, September 2022

Pembimbing I,



Ir. Andreas Pangkung, M.T.
NIP.19620828 198903 1 003

Pembimbing II,



Yvyn Klistafani, S.T., M.T.
NIP.19900517 201504 2 001

Mengetahui,

Dekan / Ketua Program Studi,







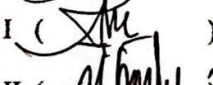

Ir. Chandra Buana, M.T.
NIP.19750319 199103 1 003

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, hari Jum'at 23 September 2022, tim penguji ujian sidang skripsi telah menerima mahasiswa : Ariyo Setiawan NIM 44218009 dan Wilda Lengke' Batara NIM 44218024 dengan judul **"Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro dengan Menggunakan Turbin Double Archimedes Screw"**

Makassar, 23 September 2022

Tim Penguji Ujian Sidan Skripsi:

- | | | |
|------------------------------------|---------------|---|
| 1. Ir. Nur Hamzah, M.T.,Ph.D | Ketua | () |
| 2. Prof. Ir. Suryanto, M.Sc.,Ph.D. | Sekretaris | () |
| 3. Apollo, S.T.,M.Eng. | Anggota | () |
| 4. Ir. Herman Nawir, M.T | Anggota | () |
| 5. Ir. Andareas Pangkung, M.T. | Pembimbing I | () |
| 6. Yiyin Klistafani, S.T.,M.T. | Pembimbing II | () |

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur senantiasa penulis haturkan kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala, atas berkat rahmat dan pertolongan-Nya, penulisan skripsi ini yang berjudul "**Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga *Picohydro* Dengan Menggunakan Turbin *Double Archimedes Screw***" dapat diselesaikan dengan baik.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademik dalam kurikulum yang wajib ditempuh di Teknik Pembangkit Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang untuk diseminarkan dalam rangka proses pengerjaan skripsi.

Pada penyusunan skripsi ini, tidak sedikit hambatan yang penulis alami. Namun, berkat bantuan berbagai pihak terutama pembimbing, hambatan tersebut dapat teratasi. Sehubungan dengan hal tersebut kami ingin menyampaikan rasa terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung kami sehingga proposal ini dapat selesai.

Secara khusus kami ingin berterimakasih kepada

1. Allah Subhanahu wa Ta'ala atas segala berkah dan nikmat yang telah diberikan yaitu Kesehatan, kelancaran dalam bekerja, dan keselamatan
2. Kedua orang tua dan saudara yang selalu memberikan dukungan berupa do'a dan finansial.
3. Prof. Ir. Muhammad Anshar, M.Si., Ph. D., selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Bapak Rusdi Nur, S.ST., M.T., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Bapak Ir. Chandra Buana, M.T., selaku Koordinator Program Studi D-4 Teknik Pembangkit Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.
6. Bapak Ir. Andareas Pangkung, M.T dan Ibu Yiyin Klistafani, S.T., M.T. selaku pengarah yang telah mencurahkan perhatian dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan laporan skripsi ini.
7. Seluruh Dosen dan Staf yang selama ini telah berkontribusi dalam peningkatan kualitas keilmuan dan kelancaran administrasi kami.
8. Teman-teman sekelas yang telah memberikan dukungan dan motivasi.
9. Semua pihak yang tidak sempat penulis sebutkan satu-persatu yang berjasa menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan skripsi ini terdapat kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu saran dan kritik yang membangun sangat dibutuhkan. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Makassar, September 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENERIMAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR SIMBOL, SATUAN, dan SINGKATAN	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	ixi
SURAT PERNYATAAN.....	xii
RINGKASAN	xiv
SUMMARY	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Energi Air	5
2.2 Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air.....	7
2.3 Prinsip Kerja PLTPH.....	10

2.4 Turbin Air.....	11
2.5 Klasifikasi Turbin Air	13
2.6 Turbin Archimedes Screw.....	14
2.7 Prinsip Kerja Turbin Archimedes Screw.....	16
2.8 Komponen Turbin Screw	17
2.9 Perancangan Turbin Archimedes Screw.....	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	31
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	31
3.2 Alat dan Bahan	32
3.3 Bahan.....	32
3.4 Prosedur Penelitian.....	33
BAB IV PEMBAHASAN.....	41
4.1 Perancangan	41
4.1.1 Perhitungan Parameter Turbin Screw	42
4.2 Data Hasil Pengamatan.....	47
4.3 Analisis Data.....	51
4.4 Tabel Hasil Analisis Data	55
4.5 Pembahasan Grafik.....	59
BAB V PENUTUP.....	64
5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN.....	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi PLTA Berdasarkan Kapasitas	7
Tabel 2. 2 Klasifikasi PLTA Berdasarkan Head.....	8
Tabel 2. 3 Karakteristik Turbin <i>Screw</i>	16
Tabel 2. 4 Nilai Konstanta Ulir.....	26
Tabel 3. 1 Rencana dan Jadwal Penelitian.....	31
Tabel 4. 1 Data hasil pengujian Turbin Archimedes Single screw Tanpa Generator	45
Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian Turbin Archimedes <i>Double screw</i> Tanpa	47
Tabel 4. 3 Data Hasil Pengujian Turbin Arcimedes <i>Single Screw</i> Yang Terkopel Dengan Generator	49
Tabel 4. 4 Data Hasil Pengujian Turbin Arcimedes <i>Double Screw</i> Yang Terkopel Dengan Generator	50
Tabel 4. 5 Hasil Analisis Pengujian Torsi Pada Turbin Archimedes <i>Single Screw</i> ..	50
Tabel 4. 6 Hasil Analisis Pengujian Torsi Pada Turbin Archimedes <i>Double Screw</i>	55
Tabel 4.7 Hasil Analisis Pengujian Pembebanan Pada Turbin Arcimedes <i>Single Screw</i>	56
Tabel 4.8 Hasil Analisis Pengujian Pembebanan Pada Turbin Arcimedes <i>Double Screw</i>	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Turbin Archimedes <i>Screw</i>	14
Gambar 2.2 Turbin Screw (a) Tipe <i>Steel Strough</i> (b) Tipe <i>Close Compact</i>	15
Gambar 2.3 Bagian-bagian turbin <i>screw</i>	17
Gambar 2.4 Generator.....	18
Gambar 2.5 Poros.....	19
Gambar 2.6 Bantalan.....	22
Gambar 3.1 Flowchart prosedur penelitian.....	33
Gambar 3.2 Flowchart perencanaan desain turbin.....	34
Gambar 3.3 Desain PLTPH menggunakan turbin double screw	36
Gambar 3.4 Desain PLTPH menggunakan turbin double screw tampak depan ..	36
Gambar 3.5 Desain PLTPH menggunakan turbin double screw tampak atas	37
Gambar 3.6 Desain PLTPH menggunakan turbin double screw tampak belakang	37
Gambar 3.7 Desain PLTPH menggunakan turbin double screw tampak samping	38
Gambar 4.1 Dimensi saluran irigasi.....	41
Gambar 4.2 Skema sistem transmisi	45
Gambar 4.3 Bearing pillow blok.....	47
Gambar 4.4 Grafik hubungan torsi turbin terhadap daya turbin dengan variasi screw	59
Gambar 4.5 Grafik hubungan torsi turbin terhadap efisiensi turbin dengan variasi screw	60
Gambar 4.6 Grafik hubungan pembebanan terhadap gaya output turbin	61
Gambar 4.7 Grafik hubungan pembebanan terhadap tegangan	62
Gambar 4.8 Grafik hubungan pembebanan terhadap arus	63

DAFTAR SIMBOL, SATUAN dan SINGKATAN

Simbol	Satuan	Keterangan
E_p	Kg. (m/s)^2	Energi potensial
E_k	Kg. (m/s)^2	Energi Kinetik
E_m	Kg. (m/s)^2	Energi Mekanik
m	Kg	Massa air
g	m/s^2	Percepatan gravitasi
h	m	<i>Head</i>
v	m/s	Kecepatan aliran air
n_1	rpm	Putaran puli penggerak
n_2	rpm	Putaran puli yang digerakkan
d_1	mm	Diameter puli penggerak
d_2	mm	Diameter puli yang digerakkan
Q	m^3/s	Debit air
A	m^2	Luas penampang
H_0	cm	Kedalaman air
l	cm	Lebar saluran irigasi
P_{air}	Watt	Daya hidrolis air
ρ	Kg/m^3	Massa jenis air
D	m	Diameter turbin
d	m	Diameter poros turbin
k	-	Konstanta turbin
n	Rpm	Putaran sudu
s	-	Poros turbin
Z	Buah	Jumlah ulir
L	m	Panjang turbin
S	cm	Jarak pitch
X	$^\circ$	Sudut ulir
θ	$^\circ$	Sudut turbin
η_g	$\%$	Efesiensi generator

η_t	%	Efesiensi turbin
η_s	%	Efesiensi Sistem
p_t	Watt	Daya turbin
p_g	Watt	Daya generator
V	Volt	Tegangan
I	Ampere	Arus
T	Nm	Torsi



DAFTAR LAMPIRAN

lampiran 1. Foto kegiatan.....(62)



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ariyo Setiawan

NIM : 44218009

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul **Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro Dengan Menggunakan Turbin Double Archimedes Screw** merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

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

Makassar, 23 September 2022



ARIYO SETIAWAN
NIM 442 18 009

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Wilda Lengke' Batara

NIM : 44218024

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul **Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro Dengan Menggunakan Turbin Double Archimedes Screw** merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

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

Makassar, 23 September 2022



WILDA LENGKE' BATARA
NIM 442 18 024

RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PICOHYDRO DENGAN MENGGUNAKAN TURBIN *DOUBLE ARCHIMEDES SCREW*

RINGKASAN

Potensi energi air yang dimiliki Indonesia hingga 75.091 MW yang tersebar diseluruh Indonesia, namun pemanfaatan potensi energi yang begitu besar ini baru sekitar 7,2% dari potensi yang ada. Sebagian besar pemanfaatannya digunakan sebagai sumber pembangkit listrik. Salah satu pembangkit listrik yang memanfaatkan energi air yaitu Pembangkit Listrik Tenaga *Picohidro* (PLTPH) yang merupakan gabungan dari beberapa komponen yang berperan mengkonversi energi air hingga menjadi energi listrik. Pada penelitian ini dilakukan pengujian Pembangkit Listrik Tenaga *Picohidro* dengan memanfaatkan Turbin Archimedes sebagai penggerak generator dalam menghasilkan energi listrik.

Hasil pengujian Turbin Archimedes *single screw* didapatkan nilai daya turbin tertinggi yaitu 124,286 Watt dengan tingkat efisiensi sebesar 61,62% pada pembebanan massa 8 kg sedangkan untuk pengujian Turbin Archimedes *double screw* didapatkan nilai daya turbin tertinggi yaitu 272,346 Watt dengan tingkat efisiensi sebesar 67,52% pada pembebanan massa 20 kg. Pada percobaan Turbin Archimedes *single screw* dikopel generator menghasilkan tegangan open circuit sebesar 24,2 V dengan daya tertinggi yang dihasilkan ketika melayani beban lampu yaitu 5,72 Watt dengan beban 13 lampu 10 Watt sedangkan Turbin Archimedes *double screw* dikopel generator menghasilkan tegangan open circuit sebesar 23,3 V dengan daya tertinggi yang dihasilkan ketika melayani beban lampu yaitu 34,61 Watt dengan beban 13 lampu 10 Watt. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat dilihat bahwa performa Turbin Archimedes *double screw* lebih baik dibandingkan Turbin Archimedes *single screw* jika dibandingkan dari segi efisiensi dan daya yang dihasilkan.

DESIGN A PICOHYDRO POWER PLANT USING A DOUBLE ARCHIMEDES SCREW TURBINE

SUMMARY

Indonesia's water energy potential is up to 75.091 MW spread throughout Indonesia, but the utilization of such a large energy potential is only about 7,2% of the existing potential. Most of its utilization is used as a source of power generation. One of the power plants that utilizes water energy is the *Picohidro* Power Plant (PLTPH) which is a combination of several components that play a role in converting water energy into electrical energy. In this study, testing of the *Picohidro* Power Plant was carried out by utilizing the Archimedes Turbine as a generator drive in producing electrical energy.

The test results of the Archimedes *single screw* Turbine obtained the highest turbine power value of 124,286 Watts with an efficiency level of 61.62% at a mass load of 8 kg while for the Archimedes *double screw* Turbine test, the highest turbine power value was obtained, namely 272,346 Watts with an efficiency level of 67,52% at a mass load of 20 kg. In the experiment, the Archimedes Turbine *single screw* was coupled with a generator producing an open circuit voltage of 24,2 V with the highest power generated when serving the lamp load, which was 5.72 Watts with a load of 13 lamps of 10 Watts while the Archimedes *Double Screw* Turbine was propelled by the generator producing an open circuit voltage of 23,3 V with the highest power generated when serving the lamp load, which was 34,61 Watts with a load of 13 lamps of 10 Watts. Based on the results of the research conducted, it can be seen that the performance of the Archimedes *double screw* Turbine is better than the Archimedes *single screw* Turbine when compared in terms of efficiency and power produced.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan energi listrik dari waktu ke waktu semakin meningkat dikarenakan perkembangan industri dan pertumbuhan penduduk yang tidak seimbang dengan pengadaan unit pembangkit listrik. Energi listrik yang dikonsumsi oleh masyarakat sebagian besar masih berbahan bakar fosil (batu bara dan minyak bumi) yang tergolong tidak terbarukan. Penggunaan bahan bakar fosil secara terus-menerus mengakibatkan energi ini berangsur-angsur habis sehingga menyebabkan krisis energi. Pengembangan sumber energi alternatif khususnya energi terbarukan di Indonesia memiliki potensi yang begitu besar dan tersebar diseluruh wilayahnya.

Secara geografis, Indonesia merupakan negara yang memiliki banyak potensi energi terbarukan (*renewable energy*), salah satunya yaitu energi air. Kondisi topografi yang bergunung dan berbukit serta danau/waduk membuat Indonesia mempunyai potensi energi air sebagai energi utama yang begitu besar. Potensi energi air yang dimiliki Indonesia hingga 75.091 MW yang tersebar diseluruh Indonesia, namun pemanfaatan potensi energi yang begitu besar ini baru sekitar 7,2% dari potensi yang ada. Sebagian besar pemanfaatannya digunakan sebagai sumber pembangkit listrik. Pembangkit listrik tenaga air menyumbang presentase 66% dari total 7GW pembangkit listrik energi baru terbarukan yang ada di Indonesia.

Potensi energi aliran sungai/irigasi yang memiliki *head* yang rendah(kurang-dari 3 meter) masih banyak belum dimanfaatkan dikarenakan terkendala oleh ketersediaan teknologi yang dapat memanfaatkannya (Herman dkk, 2016). Dibutuhkan turbin khusus untuk memanfaatkan aliran sungai dengan *head* yang rendah. Turbin Archimedes *screw* adalah turbin yang dapat diaplikasikan untuk aliran sungai/aliran irigasi yang memiliki *head* rendah (Saefudin dkk, 2017).

Pemanfaatan potensi energi pada aliran sungai/irigasi dengan menggunakan turbin archimedes *screw* memerlukan perancangan yang baik agar energi mekanik dari air dapat di konversi menjadi energi listrik secara maksimal. Perlu diperhatikan untuk menghasilkan turbin yang memiliki efisiensi tinggi bentuk geometri dari turbin Archimedes *screw* ditentukan dari parameter eksternal yakni radius luarnya, panjang turbin, dan kemiringan peletakan (*slope*) dan parameter internal yaitu radius dalam, jumlah sudu, *pitch* (Tineke dkk, 2017).

Yulianto dkk (2018) melakukan penelitian mengenai turbin rotor sekrup (Archimedes *screw*) menghasilkan pengaruh sudut sudu dan pembebanan mengakibatkan turunnya kecepatan putaran yang tidak disertai meningkatnya torsi. Untuk menjaga efisiensi yang maksimal pada pengkonversian energi pada turbin sebaiknya turunnya kecepatan putaran berbeban tidak melebihi 50% kecepatan putaran tanpa beban.

Dari beberapa hasil pengujian yang telah dilakukan mengenai turbin Archimedes *screw* permasalahan yang ditemui berupa konstruksi turbin belum maksimal sehingga efisiensi kurang optimal di dapatkan dari saluran air yang memiliki *head* rendah dan perubahan putaran yang signifikan akibat pembebanan

pada generator. Dalam rangka menstabilkan putaran pada saat pembebanan dilakukan maka pada konstruksi ditambahkan 1 lagi turbin Archimedes di kopel dengan generator yang sama dengan turbin pertama, diharapkan dengan penambahan turbin dapat meningkatkan efisiensi dari suatu aliran sungai/irigasi.

Berdasarkan permasalahan yang telah dipaparkan, maka penulis akan melakukan penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga *Picohydro* (PLTPH) Dengan Menggunakan Turbin Archimedes *Double Screw*”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka rumusan masalah adalah :

1. Bagaimana merancang PLTPH dengan menggunakan turbin Archimedes *double screw*.
2. Bagaimana performa turbin Archimedes *screw* dan Archimedes *double screw* pada saluran irigasi.

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini yaitu:

1. Aliran irigasi pada kawasan wisata air terjun parang bugisi, Bulutana, Tinggimoncong, Gowa
2. Penggunaan turbin Archimedes pada saluran irigasi
3. Pembangkit listrik tenaga air skala *Picohydro*
4. Proses pengujian dan pengambilan data dilakukan pada musim kemarau

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Merancang PLTPH dengan menggunakan turbin Archimedes *double screw*.
2. Menganalisa performa turbin Archimedes *screw* dan Archimedes *double screw* pada saluran irigasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Menambah pengetahuan dan wawasan mengenai pemanfaatan saluran irigasi sebagai sumber tenaga listrik baik bagi penulis maupun masyarakat setempat.
2. Sebagai referensi dan inovasi bagi peneliti lain dalam pengembangan sumber energi alternatif khususnya saluran/aliran yang memiliki head yang rendah.
3. Sebagai bahan referensi bagi pembaca untuk mengetahui bagaimana cara merancang sebuah pembangkit listrik tenaga air.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Air

Air merupakan salah satu yang murah dan relatif mudah didapat. Air memiliki energi potensial (pada air jatuh) dan energi kinetik (pada air yang mengalir). Energi yang dimiliki oleh air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam bentuk energi mekanis maupun energi listrik. Pemanfaatan energi air ini banyak dilakukan dengan menggunakan turbin air yang memanfaatkan tinggi jatuh air pada air terjun atau aliran air sungai maupun saluran aliran irigasi. Pada abad ke - 18 kincir air banyak dimanfaatkan sebagai penggerak penggilingan gandum dan mesin tekstil, namun pada abad ke-19 turbin air mulai dikembangkan secara luas sebagai komponen pembangkit tenaga listrik. Turbin air berperan untuk mengubah energi yang ada pada air menjadi energi mekanik yang berupa putaran poros (Ridwan,2014)

Pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air merupakan salah satu jenis energi terbarukan yang dibangkitkan dari energi potensial atau energi kinetik air. Energi potensial dan energi kinetik inilah yang kemudian dikonversi menjadi energi listrik, melalui alat konversi (turbin dan generator) yang kemudian didistribusikan ke konsumen.

Energi potensial merupakan energi yang dimiliki oleh suatu benda yang di pengaruhi oleh tempat atau kedudukan dari benda itu sendiri. Energi potensial disebut juga energi diam karena benda dalam keadaan diam dapat memiliki energi. Apabila benda itu bergerak, maka benda tersebut mengalami perubahan energi dari energi potensial menjadi energi gerak, contohnya air terjun.

Besarnya tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air tergantung dari seberapa besar *head* dan debit air. Jika dihubungkan dengan *reservoir* air maka *head* merupakan beda ketinggian antara muka air pada *reservoir* dengan muka air keluar dari turbin air. Total air yang tersedia dari suatu *reservoir* air merupakan energi potensial air (Fachruddin, 2015). Energi potensial dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut (Nugroho, 2016:5) :

$$Ep = m \times g \times h \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

m = Massa air (kg)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

h = *head* (m)

Karena masaa air merupakan volume (V) \times massa jenis air (ρ) maka dapat ditulis:

$$Ep = V \times \rho \times g \times h \dots\dots\dots(2.2)$$

Energi kinetik merupakan energi yang dimiliki oleh suatu benda karena pengaruh gerakannya. Semakin besar kecepatan suatu benda bergerak makan semakin besar pula energi kinetiknya. Begitupun dengan massa bendanya, semakin besar massa benda yang bergerak maka semakin besar pula energi kinetik yang dimiliki oleh benda tersebut. Kata kinetik itu sendiri berasal dari bahasa yunani “kinetikos” yang berarti “gerak”. Apabila suatu benda bergerak, maka benda tersebut pasti memiliki kecepatan. Jadi dapat disimpulkan bahwa energi kinetik merupakan energi yang dimiliki oleh suatu benda karena gerakannya atau kecepatannya.

Selain memanfaatkan air jatuh, tenaga air (*hydropower*) dapat diperoleh dari aliran air datar. Dalam hal ini energi yang tersedia merupakan energi kinetik yang dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut (Nugroho, 2016:5) :

$$Ek = \frac{1}{2} m \times v^2 \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

Ek = Energi Kinetik

m = Massa air (kg)

v = kecepatan aliran air (m/s)

2.2 Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) merupakan salah satu jenis pembangkit listrik yang sudah di manfaatkan di Indonesia sejak puluhan tahun lalu di berbagai penjuru tanah air dengan memanfaatkan energi potensial pada air menjadi energi mekanik untuk menggerakkan turbin, kemudian energi gerak ini akan memutar generator untuk menghasilkan energi listrik. Dalam pengaplikasiannya pembangkit jenis air ini memiliki kapasitas yang berbeda-beda mulai dari kecil hingga besar, hal ini di pengaruhi beberapa faktor diantaranya faktor geografi, topografi dan hidrologi suatu daerah.

Menurut Sandy (2016) pembangkit listrik tenaga air dapat di klasifikasikan berdasarkan kapasitas keluarannya, yang dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Klasifikasi PLTA Berdasarkan Kapasitas

No.	Tipe	Kapasitas (Kw)
1.	<i>Large-hydro</i>	> 100 MW
2.	<i>Medium- hydro</i>	15 – 100 MW

3.	<i>Small- hydro</i>	1-15 MW
4.	<i>Mini- hydro</i>	100 kW – 1 MW
5.	<i>Micro- hydro</i>	5 kW – 100 kW
6.	<i>Pico- hydro</i>	< 5 Kw

Sumber : Sandy, 2016

Pembangkit listrik tenaga air juga bisa dibedakan berdasarkan *head* atau tinggi jatuh air, jenis desain, dan berdasarkan tipe jaringan atau *grid*. Adapun pembagian klasifikasinya sebagai berikut:

1. Klasifikasi berdasarkan *head*, dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2. 2 Klasifikasi PLTA Berdasarkan *Head*

No.	Jenis	<i>Head</i> (m)
1.	<i>Head</i> tinggi	> 100 m
2.	<i>Head</i> menengah	30 – 100 m
3.	<i>Head</i> rendah	2 – 30 m

Sumber : Sandy, 2016

2. Klasifikasi berdasarkan jenis desain

a. *Run Of River*

Run of river merupakan salah jenis desain pembangkit listrik tenaga air yang memanfaatkan aliran air sungai yang sebagian dilewatkan pada suatu saluran untuk memutar turbin kemudian dibuang kembali menuju sungai induk.

b. Sistem Penyimpanan

Dalam penggunaan sistem ini, air akan disimpan terlebih dahulu dalam jangka waktu tertentu kemudian digunakan untuk menghasilkan energi ketika dibutuhkan.

c. Sistem pompa penyimpanan

Ketika terjadi kebutuhan listrik yang rendah atau kelebihan kebutuhan listrik secara tiba-tiba, maka pompa akan secara otomatis akan mengisi penuh tangki-tangki penyimpanan. Namun apabila terjadi lonjakan kebutuhan listrik yang tinggi, maka tangki-tangki yang ada akan segera dikosongkan menuju turbin untuk memenuhi kebutuhan produksi.

3. Klasifikasi berdasarkan tipe jaringan listrik

- a. Sistem Jaringan Listrik Tersambung (*On Grid*), merupakan pembangkit listrik tenaga air yang jaringannya tersambung dengan jaringan PLN.
- b. Sistem jaringan berdiri sendiri (*Off Grid*), merupakan pembangkit listrik tenaga air yang jaringannya tidak tersambung dengan jaringan PLN.

Berdasarkan pengklasifikasian pembangkit listrik tenaga air, Pembangkit Listrik Tenaga *Picohydro* (PLTPH) merupakan salah jenis pembangkit listrik tenaga air yang berskala kecil. PLTPH dirancang menghasilkan daya terbangkit 1000 W -5 kW dan memanfaatkan potensi air dengan *head* yang rendah sebagai tenaga penggeraknya (Risnandar dkk, 2011). PLTPH ini merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang *clean energy* karena ramah lingkungan. PLTPH memiliki keuntungan sebagai berikut:

1. Dari segi teknologi, PLTPH memiliki konstruksi yang sederhana, mudah dioperasikan dan mudah dalam perawatan.

2. Dari segi ekonomi, PLTPH memiliki biaya operasi dan perawatan yang relatif murah.
3. Dari segi sosial, PLTPH mudah diterima oleh masyarakat karena ramah lingkungan dibandingkan dengan pembangkit listrik yang lain seperti PLTN.
4. Pembangunannya dapat dipadukan dengan pembangunan jaringan irigasi.
5. Mempunyai ukuran yang kecil sehingga cocok di gunakan untuk daerah pedesaan yang belum terjangkau jaringan aliran listrik PLN.

Tenaga air yang digunakan pada PLTPH dapat berupa aliran pada sistem irigasi yang memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu. Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya maka semakin besar pula energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik.

2.3 Prinsip Kerja PLTPH

Secara teknis PLTPH memiliki 3 komponen utama yaitu air, turbin, dan generator. Prinsip kerja PLTPH pada dasarnya sama dengan jenis pembangkit listrik tenaga air yang lain yaitu dengan memanfaatkan beda ketinggian (*head*) dan jumlah debit air yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai, maupun air terjun. Aliran air ini kemudian memutar poros pada turbin sehingga menghasilkan energi gerak (energi mekanik). Energi gerak yang dihasilkan dari poros turbin ini kemudian di transmisikan ke generator untuk menggerakkan generator sehingga menghasilkan energi listrik.

Terdapat tiga tahap proses konversi energi pada pembangkit listrik tenaga air, yaitu:

- Energi potensial menjadi kinetik.
- Energi kinetik menjadi energi mekanik.
- Energi mekanik menjadi energi listrik.

PLTPH pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air yang ada pada saluran irigasi. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik, selanjutnya energi mekanik ini akan menggerakkan generator sehingga menghasilkan energi listrik. Potensi daya PLTPH dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1 berikut (A. Havendri dan H. Lius 2009) :

$$P = \rho \times g \times Q \times H \times \eta \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

P = Daya yang dibangkitkan (watt)

ρ = Massa Jenis air (kg/m^3)

g = Gravitasi (m/s^2)

Q = Debit air (m^3/s)

H = Tinggi air jatuh (m)

η = Efisiensi

2.4 Turbin Air

Pada abad 19 turbin air mulai dikembangkan dan digunakan secara luas untuk pembangkit tenaga listrik. Turbin air berfungsi untuk mengubah energi air pada air (energi potensial, tekanan, dan kinetik) menjadi energi energi mekanik yang

berupa putaran pada poros turbin (Ridwan,2014). Kata “turbine” itu sendiri ditemukan oleh seorang insinyur yang berasal dari Perancis bernama Claude Bourdin pada awal abad ke-19, yang diambil dari terjemahan Bahasa latin dari kata “*whirling*” (putaran) atau “*vortex*” (pusaran air).

Turbin air dapat diartikan sebagai suatu mesin penggerak mula yang fluida kerjanya berupa air. Secara umum turbin merupakan alat mekanik yang terdiri dari poros dan sudu-sudu. Sudu tetap atau *stationary blade*, tidak ikut berputar bersama poros dan berfungsi mengarahkan aliran fluida. Sedangkan sudu putar atau *rotary blade*, mengubah arah dan kecepatan aliran fluida sehingga timbul gaya yang memutar poros. (Jasa, L., 2017)

Sudu pada roda turbin merupakan konstruksi yang berupa lempengan dengan bentuk serta penampang tertentu, dimana air yang berfungsi sebagai fluida kerja mengalir melalui ruangan diantara sudu. Dengan adanya hal tersebut tentunya roda turbin dapat berputar karena pada sudu memiliki gaya yang berputar (H. Irawan Dkk, 2018).

Faktor yang paling penting dalam pemilihan turbin adalah jumlah debit aliran air dan *head* air. Debit air yang besar pada *head* tertentu akan memerlukan turbin air ukuran besar, sedangkan untuk *head* air yang besar pada debit tertentu, dimensi turbin air cenderung lebih kecil (Ridwan, 2014). Selain itu pemilihan turbin juga dipengaruhi oleh keadaan geografis lokasi, topografi, kecepatan spesifik, kecepatan turbin, kapasitas listrik yang dibutuhkan dan kemampuan dana yang diperlukan untuk membangun instalasinya.

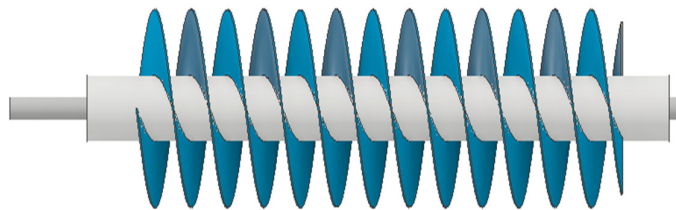
2.5 Klasifikasi Turbin Air

Menurut Mafruddin (2016) berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial pada air menjadi energi mekanik, turbin air dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian yaitu:

1. Turbin Impuls, biasa juga disebut turbin tekanan sama karena aliran air yang keluar dari nosel tekanannya sama dengan atmosfer disekitarnya. Prinsip kerja dari turbin impuls ini adalah merubah seluruh energi air (energi potensial + tekanan + kecepatan) menjadi energi kinetik untuk memutar turbin. Energi potensial pada air akan dikonversi menjadi energi kinetik dan masuk melalui nosel. Air yang keluar dari nosel ini memiliki kecepatan tinggi membentur sudu, sehingga arah kecepatan aliran berubah menyebabkan terjadinya perubahan momentum (*impulse*). Salah satu jenis turbin impuls yaitu: Turbin Pelton, Turbin Turgo, dan Turbin *Cross Flow*.
2. Turbin Reaksi, biasa juga disebut turbin tekanan lebih karena tekanan air sebelum masuk ke roda turbin lebih besar dari tekanan air saat keluar dari roda turbin. Prinsip kerja dari turbin reaksi adalah merubah seluruh energi air yang tersedia menjadi energi kinetik. Sudu pada turbin reaksi mempunyai desain khusus yang mengakibatkan terjadinya penurunan tekanan pada air ketika melalui sudu. Perbedaan tekanan ini memberikan gaya pada sudu sehingga *runner* pada turbin dapat berputar. Turbin jenis ini adalah turbin yang paling banyak digunakan. Salah satu jenis turbin impuls yaitu : turbin francis, turbin propeller, atau turbin Kaplan.

2.6 Turbin Archimedes Screw

Turbin Archimedes *screw* (Turbin Ulir) pertama kali ditemukan oleh seorang ilmuwan yang berasal Syracuse, Yunani yang bernama Archimedes. Pada awalnya turbin ini merupakan sebuah mesin yang diterapkan sebagai pompa untuk pengairan ditaman bergantung Babylonia. Turbin Archimedes *Screw* memiliki sudu yang berbentuk heliks yang terpasang pada poros silinder seperti pada gambar 2.1 yang berfungsi untuk membawa air dari tempat rendah ke tempat yang lebih tinggi ketika di putar.



Gambar 2.1 Turbin Archimedes *Screw*

Namun seiring berkembangnya waktu, terjadi krisis energi serta terbatasnya potensi air yang memiliki *head* yang tinggi terutama pada daerah padat penduduk yang membutuhkan listrik. Oleh sebab itu penggunaan Archimedes *screw* ini tidak hanya digunakan sebagai pompa, namun juga dapat digunakan sebagai turbin air dengan cara mengoperasikan Archimedes *screw* secara terbalik dan membiarkan air mengendalikan pompa, kemudian pada bagian atas pompa dipasang generator sehingga menghasilkan listrik. Jadi prinsipnya turbin ulir merupakan pembalikan dari fungsi pompa ulir itu sendiri.

Turbin Archimedes *screw* dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu (Encu Saefuddin dkk, 2017):

1. Turbin *Screw Type Steel Strough*, merupakan tipe turbin yang pada bagian

2. sudu atau bladenya terbuka, sehingga air yang mengalir ke sudu turbin hanya selebar *bucket*.
3. Turbin *Screw Type Close Compact Installation* merupakan jenis turbin yang instalasinya secara keseluruhan tertutup, sehingga memungkinkan air yang mengalir menuju sudu turbin hampir bisa memenuhi bagian yang menutupi instalasi turbin.



Gambar 2.2 Turbin Screw (a) Tipe Steel Strough (b) Tipe Close Compact

Sumber : Saefuddin Encu, Dkk. 2017

Turbin Archimedes *screw* mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan turbin air jenis lain yaitu (Saleh, 2016):

1. Cocok dikembangkan pada daerah yang aliran air dengan debit yang besar namun mempunyai *head* yang rendah.
2. Efisiensi yang dihasilkan tinggi, dengan variasi debit yang besar dan sangat baik untuk debit air yang kecil.
3. Memiliki sistem kontrol yang mudah dan perawatan yang mudah

4. Tidak memerlukan jaring-jaring halus sebagai pencegah masuknya puing-puing kedalam turbin, sehingga mengurangi biaya perawatan.
5. Konstruksi turbin yang berbentuk helix disekitar poros silinder, sehingga tidak mempengaruhi ekosistem yang berada di sungai ketika melewati turbin.

Untuk perncangan dimensi turbin *screw*, terdapat parameter yang dianjurkan yaitu :

Tabel 2. 3 Karakteristik Turbin *Screw*

Jenis Turbin	Screw
Daya Output	1-250 kW
Debit	100-5000 l/s
Slope	1-7.5 m
Sudut Ulir	22-36°

Sumber : havendri dan irfan arif, 2010

Turbin *screw* merupakan salah satu jenis turbin air yang efektif dioperasikan pada *head* yang sanagt rendah. Pada pengaplikasiannya posisi sudu pada turbin ini tergantung pada kondisi *head* yang ada dilapangan. Turbin ini bekerja pada *head* rendah dengan tinggi jatuh air berkisar antara 1-15 m. Sudut untuk penentuan *head* turbin atau kemiringan poros turbin berada antara 30°-60°.

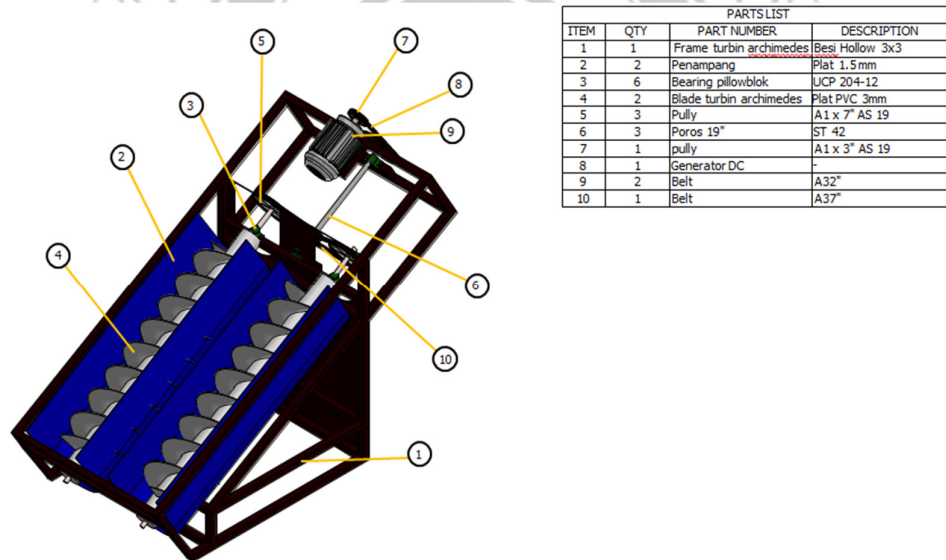
2.7 Prinsip Kerja Turbin Archimedes *Screw*

Prinsip kerja dari turbin *archimedes screw* dengan menjalankan *archimedes screw* secara terbalik, yaitu menjatuhkan air dari arah atas dan membiarkan *screw* berputar ketika air turun. Air yang berasal dari ujung atas akan mengalir kedalam ruang diantara kisar *blade screw* kemudian keluar pada bagian ujung bawah,

sehingga akan muncul gaya berat air dan beda tekanan hidrostastik dalam *bucket* di sepanjang rotor mendorong *blade screw* dan memutar rotor pada sumbunya. Kemudian dihubungkan ke generator sehingga menghasilkan energi listrik

Adapun proses perubahan energi pada turbin *screw* hingga menjadi energi listrik yaitu dimana energi yang berasal dari energi mekanik yang terdapat pada air dan perubaan tekanan yang terjadi pada sudu mengakibatkan sudu berputar dan memutar poros. Selanjutnya daya dari poros ditransmisikan ke generator yang nantinya diubah menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator nantinya didistribusikan ke konsumen setelah melalui inverter.

2.8 Komponen Turbin Screw



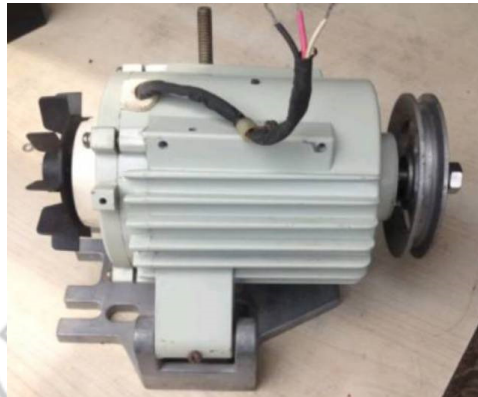
Gambar 2.3 Bagian-bagian turbin *screw*

Komponen-komponen turbin *screw* dan fungsinya:

1. Generator DC

Generator DC merupakan salah satu mesin listrik yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik yang keluarannya berupa arus searah. Prinsip dasar

dari generator arus searah yaitu “Apabila sebuah penghantar dibuat berputar melalui medan magnet, suatu Gaya Gerak Listrik (GGL) akan diinduksi didalam penghantar tersebut”.



Gambar 2.4 Generator DC
Sumber : shopee.com

Spesifikasi Generator :

Tegangan : 130 v
Daya keluaran maksimal : 300 Watt
Frekuensi : 50 Hz

Generator terdiri dari dua komponen utama yaitu:

1. Rotor merupakan bagian dari generator yang berputar, berfungsi sebagai kumparan medan, dan untuk menghasilkan medan magnetik yang menggunakan magnet permanen. Bagian rotor terdiri dari komutator, jangkar, dan lilitan jangkar.
2. Stator merupakan bagian generator yang tidak bergerak dan berfungsi sebagai kumparan jangkar yang menghasilkan tegangan keluaran. Bagian

stator terdiri dari rangka, inti kutub magnet dan lilitan, serta sikat komutator.

Prinsip kerja dari generator DC yaitu apabila suatu konduktor memotong garis-garis fluksi magnetik yang berubah-ubah maka GGL akan dibangkitkan dalam konduktor itu. Syarat agar GGL dapat dibangkitkan yaitu:

1. Harus ada konduktor (hantaran kawat).
 2. Harus ada medan magnetik.
 3. Harus ada gerak atau perputaran dari konduktor dalam medan, atau ada fluksi yang berubah yang memotong konduktor itu.
2. Poros

Poros merupakan bagian yang berputar, poros biasanya mendapatkan beban beban lentur, tarik, tekan atau puntir yang bekerja sendiri berupa gabungan satu dengan lainnya. Poros merupakan salah satu komponen yang penting dari setiap mesin. Hampir setiap mesin meneruskan tenaga bersama-sama dengan putaran. Peranan utama dalam transmisi seperti itu dipegang oleh poros (Sularso dan sugo, 2007).



Gambar 2.5 Poros
Sumber :indonesiansport.com

Poros dapat dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu :

1. Poros dukung, merupakan poros yang khusus digunakan untuk mendukung bagian mesin yang berputar
2. Poros transmisi, biasa juga disebut dengan poros perpindahan yang berguna untuk memindahkan momen puntir.

Poros dukung dapat dibedakan menjadi poros tetap, poros berhenti atau poros berputar. Pada umumnya poros dukung tetap pada salah satu ujungnya ditumpu dan sering ditahan terhadap perputaran. Poros dukung umumnya terbuat dari baja bukan paduan (Stolk dan Kros 1986).

3. Puli (*Pulley*)

Puli berfungsi untuk mentransmisikan atau memindahkan daya dari poros yang satu ke poros lainnya dengan bantuan sabuk (*belt*). Bahan puli biasanya terbuat dari besi tuang, baja tuang/baja pres, aluminium atau kayu. Puli yang terbuat dari baja tuang mempunyai koefisien gesek rendah dan membutuhkan pengerjaan yang rumit.

Diameter puli transmisi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana:

n_1 = Putaran puli penggerak (rpm)

n_2 = Putaran puli yang digerakan (rpm)

d_1 = Diameter puli penggerak (mm)

d_2 = diameter puli yang digerakkan (mm)

4. Sabuk (*belt*)

Jarak antara dua poros tidak memungkinkan untuk transmisi langsung dengan roda gigi. Salah satu cara transmisi putaran yang dapat diaplikasikan adalah sebuah sabuk luwes atau rantai yang dibelitkan pada sekeliling puli atau poros.

Sabuk biasanya digunakan untuk memindahkan daya dari poros yang satu dengan poros lainnya dengan bantuan puli, dimana puli berputar dengan kecepatan yang sama atau kecepatan yang berbeda.

Jumlah daya yang dipindahkan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu:

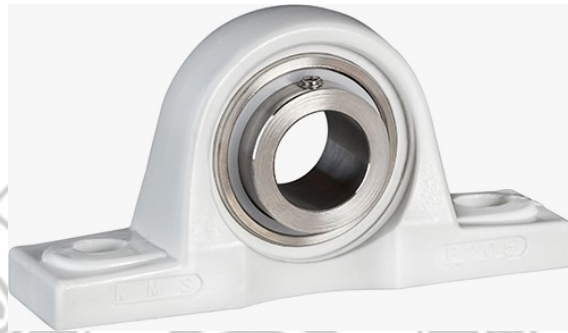
1. Kecepatan sabuk
2. Tegangan dibawah sabuk dimana sabuk diletakkan diatas puli
3. Sudut kotak antara sabuk dan puli yang lebih kecil

Adapun jenis sabuk yang biasa digunakan yaitu

1. Sabuk datar (*flat belt*)
 2. Sabuk V (*V belt*)
 3. Sabuk V tang bermata rantai (*link V belt*)
5. Bantalan (*bearing*)

Bantalan merupakan komponen mesin yang berfungsi untuk mendukung poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak balik dapat berlangsung secara halus, aman, dan tahan lama. Bantalan harus cukup kokoh sehingga memungkinkan poros serta komponen mesin lainnya bekerja dengan baik. Ketika bantalan tidak berfungsi dengan baik, maka kemampuan kerja suatu mesin akan menurun.

Dengan adanya gesekan antara bagian yang bergerak dengan bagian yang diam menyebabkan sejumlah gaya ditransmisikan hilang dalam bentuk panas. Oleh karena itu diperlukan pelumasan untuk mengurangi terjadinya gaya gesek sehingga rugi daya yang terjadi akibat gesekan akan mengecil dan laju keausan antara permukaan gesek menurun.



Gambar 2.6 Bantalan
Sumber ; aliexpress.com

Bantalan dapat dikelompokkan berdasarkan arah pembebanan dalam bentuk beban radial atau aksial terhadap poros dan berdasarkan bidang gesek bantalan terhadap poros.

- Berdasarkan gerakan bantalan terhadap poros terbagi menjadi dua yaitu:
 1. Bantalan luncur. Pada bantalan ini terjadi gesekan luncur antara poros dan bantalan karena permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dengan perantara pelumas.
 2. Bantalan gelinding. Pada bantalan ini terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan diam melalui elemen gelinding seperti bola (peluru), rol jalum atau rol bulat.

- Berdasarkan arah beban terhadap poros, terbagi menjadi tiga bagian yaitu:
1. Bantalan radial, dimana arah beban yang ditumpu bantalan ini adalah tegak lurus terhadap sumbu poros.
 2. Bantalan aksial, dimana arah beban ini sejajar dengan sumbu poros.
 3. Bantalan gelinding khusus dimana bantalan ini dapat menumpu beban yang arahnya sejajar dan tegak lurus terhadap sumbu poros.

Pada waktu memilih bantalan, ciri masing-masing harus dipertimbangkan sesuai pemakaian, lokasi dan jenis beban yang akan dialami. Karena setiap bantalan mempunyai kelebihan dan kekurangan. Seperti perbandingan antara bantalan luncur dan bantalan gelinding berikut ini :

- 1) Bantalan luncur mampu menumpu poros putaran tinggi dengan beban besar. Sedangkan bantalan gerinding pada umumnya lebih cocok untuk beban kecil, tergantung pada bentuk elemen gelindingnya.
- 2) Bantalan luncur konstruksinya sederhana dan dapat dibuat serta dapat dipasang dengan mudah. Sedangkan bantalan gelinding konstruksinya sangat sukar, maka bantalan luncur hanya dapat dibuat oleh pabrik-pabrik tertentu saja.
- 3) Tingkat ketelitian pada bantalan luncur tidak tinggi dari bantalan gelinding, sehingga dapat lebih murah dibanding bantalan gelinding.
- 4) Karena gesekan yang besar pada waktu mulai jalan, bantalan luncur memerlukan momen awal yang besar. Sedangkan bantalan gelinding mempunyai kelebihan yaitu pada koefisien gesek yang sangat rendah.

5) Pelumasan pada bantalan luncur tidak begitu sederhana. Panas yang timbul dari gesekan yang besar, terutama pada beban yang besar, memerlukan pendinginan khusus. Sekalipun demikian, karena adanya lapisan pelumas menyebabkan bantalan ini dapat meredam tumbukan dan geteran sehingga hampir tidak bersuara. Sedangkan pada bantalan gelinding pelumasannya sangat sederhana, cukup dengan gemuk. Bahkan pada jenis yang memakai sil sendiri tidak memerlukan pelumasan lagi. Tetapi karena adanya gesekan antar elemen gelinding dan sangkar, pada putaran tinggi bantalan ini agak gaduh dibandingkan dengan bantalan luncur.

Sesuai dengan perbandingan antara bantalan luncur dan bantalan gelinding, maka dipilihlah bantalan gelinding karena mempunyai banyak kelebihan dibandingkan bantalan luncur, seperti mampu menahan beban yang tinggi, mudah dipasang, tingkat ketelitian tinggi, gaya gesek rendah dan yang paling utama adalah biaya perencanaannya murah.

2.9 Perancangan Turbin Archimedes Screw

Rancangan PLTPH dengan menggunakan turbin Archimedes screw dilakukan dengan melakukan analisa perhitungan teoritis head, debit, sudut ulir, serta diameter turbin sehingga menghasilkan output daya yang diinginkan.

1. Debit (Q)

Debit air merupakan besaran yang menyatakan banyaknya air yang mengalir persatuan waktu yang melewati suatu penampang tertentu. Pengujian debit air ini dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak yang

mengalir dalam volume persatuan waktu. Untuk mengetahui berapa kapasitas aliran air dapat dicari dengan menggunakan persamaan dibawah ini (Saefuddin dkk, 2017):

$$Q = v \times A, \text{ dimana } A = h_0 \times l \dots\dots\dots(2.6)$$

Ket:

Q = Debit air (m³/s)

v = Kecepatan aliran air (m/s)

A = Luas Penampang (m²)

h₀ = kedalaman air (m)

l = Lebar saluran irigasi (m)

2. Daya Hidrolis

Daya hidrolis merupakan daya yang dihasilkan oleh air yang mengalir dari suatu ketinggian. Daya hidrolis dapat dicari dengan menggunakan persamaan (Saefuddin dkk., 2017) :

$$P_{air} = \rho \times g \times Q \times H \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

P = Daya hidrolis air (Watt)

ρ = Massa Jenis Air (kg/m³)

g = gravitasi (m/s²)

Q = Debit air (m³/s)

H = *Head* atau tinggi jatuh air (m)

3. Diameter Turbin *Screw* (D)

Diameter turbin *screw* dapat dicari menggunakan persamaan (Saefuddin dkk., 2017):

$$Q = k \times n \times D^3 \dots\dots\dots(2.8)$$

Sehingga didapatkan diameter turbin *screw* yaitu :

$$D = \sqrt[3]{\frac{Q}{k.n}} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana:

D = Diameter turbin (m)

Q = Debit air (m³/s)

k = Konstanta ulir

n = Putaran sudu (rpm)

Nilai konstanta ulir didapat dari tabel konstanta ulir seperti pada tabel 2.3 berikut (C. Rorres, 2000) :

Tabel 2. 4 Nilai Konstanta Ulir

d/D	22°		26°		30°		
	1.0 D	1.2 D	0.8 D	1.0 D	1.2 D	0.8 D	1.0 D
0.3	0.331	0.335	0.274	0.287	0.286	0.246	0.245
0.4	0.35	0.378	0.285	0.317	0.323	0.262	0.271
0.5	0.345	0.38	0.281	0.317	0.343	0.319	0.287
0.6	0.315	0.351	-	0.3	0.327	-	0.273

Sumber : C. Rorres,2000

4. Diameter Poros Turbin (d)

Untuk perbandingan diameter poros turbin terhadap diameter sudu turbin telah ditentukan (C. Rorres, 2000)

$$\frac{d}{D} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

d = Diameter Poros Turbin (m)

D = Diameter turbin (M)

5. *Pitch* Turbin (S)

Untuk menentukan *pitch* turbin terlebih dahulu menentukan nilai sudut turbin (Saefuddin dkk., 2017)

Jika sudut turbin $\leq 30^\circ$ maka $S = 1,2 D$

Jika sudut turbin $= 30^\circ$ maka $S = 1,0 D$

Jika sudut turbin $\geq 30^\circ$ maka $S = 0,8 D$

6. Jumlah Ulir (Z)

Jumlah ulir dapat dicari dengan menggunakan persamaan (Anwar dkk., 2021):

$$Z = \frac{L}{S} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana:

Z = Jumlah Ulir

L = Panjang turbin (m)

S = Jarak *pitch* (cm)

7. Panjang Turbin (L)

Panjang turbin dapat dicari dengan menggunakan persamaan (Anwar dkk., 2021) :

$$\sin \theta = \frac{H}{L} \dots\dots\dots(2.12)$$

Sehingga didapatkan panjang turbin yaitu :

$$L = \frac{H}{\sin \theta} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana:

θ = Sudut turbin ($^{\circ}$)

H = Head (m)

L = Panjang turbin (m)

8. Daya generator (P_g)

Daya generator dapat dicari dengan menggunakan persamaan (Suyanto dkk., 2011) :

$$P_g = V \times I \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana:

P_g = Daya generator (Watt)

V = Tegangan listrik (Volt)

I = (Arus listrik (Ampere)

9. Efisiensi Generator (η_g)

Efisiensi generator dapat dicari dengan menggunakan persamaan (Suyanto dkk., 2011):

$$\eta_g = \frac{P_g}{P_t} \times 100\% \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana :

η_g = Efisiensi generator

P_g = Daya generator

P_t = Daya turbin

10. Torsi

Torsi dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} T &= F \times r \dots\dots\dots(2.16) \\ &= m \times g \times r \end{aligned}$$

11. Daya Turbin (P_t)

Daya turbin dapat dicari dengan menggunakan persamaan (Muliawan Arief dan Ahmad Yani, 2016:4) :

$$P_t = \frac{2\pi NT}{60} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana :

P_t = Daya turbin

N = Putaran

T = Torsi

12. Efisiensi Turbin (η_t)

Efisiensi turbin dapat dicari dengan menggunakan persamaan (Muliawan Arief dan Ahmad Yani, 2016:4) :

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_h} \times 100\% \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana :

η_t = Efisiensi turbin

P_t = Daya Turbin

$P_h = \text{Daya Hidrolis}$

13. Efisiensi Sistem (η_s)

Efisiensi turbin dapat dicari dengan menggunakan persamaan (Putra dkk,2018) :

$$\eta_s = \frac{P_g}{P_h} \times 100\% \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana :

$\eta_t = \text{Efisiensi turbin}$

$P_g = \text{Daya Generator}$

$P_h = \text{Daya Hidrolis}$



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Kegiatan pengerjaan skripsi ini dilakukan di laboratorium Konversi Energi, Politeknik Negeri Ujung Pandang. Sedangkan untuk pengujian turbin Archimedes *double screw* dilakukan di saluran irigasi kawasan wisata air terjun parang bugisi, Bulutana, Tinggimoncong, Gowa. Rencana dan jadwal kegiatan penelitian dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Rencana dan Jadwal Penelitian

No.	Jenis Kegiatan	Februari				Maret				April				Mei				Juni				Juli				Agustus				September			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literatur																																
2	Survey Lokasi																																
3	Perancangan																																
4	Seminar Proposal Skripsi																																
5	Revisi Proposal Skripsi																																
6	Persiapan Komponen dan bahan																																
7	Pembuatan dan perakitan																																
8	Pengujian																																
9	Pengambilan data																																
10	Penyusunan laporan akhir																																
11	Asistensi laporan																																
12	seminar hasil																																

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan pada proses pembuatan rancang bangun ini yaitu :

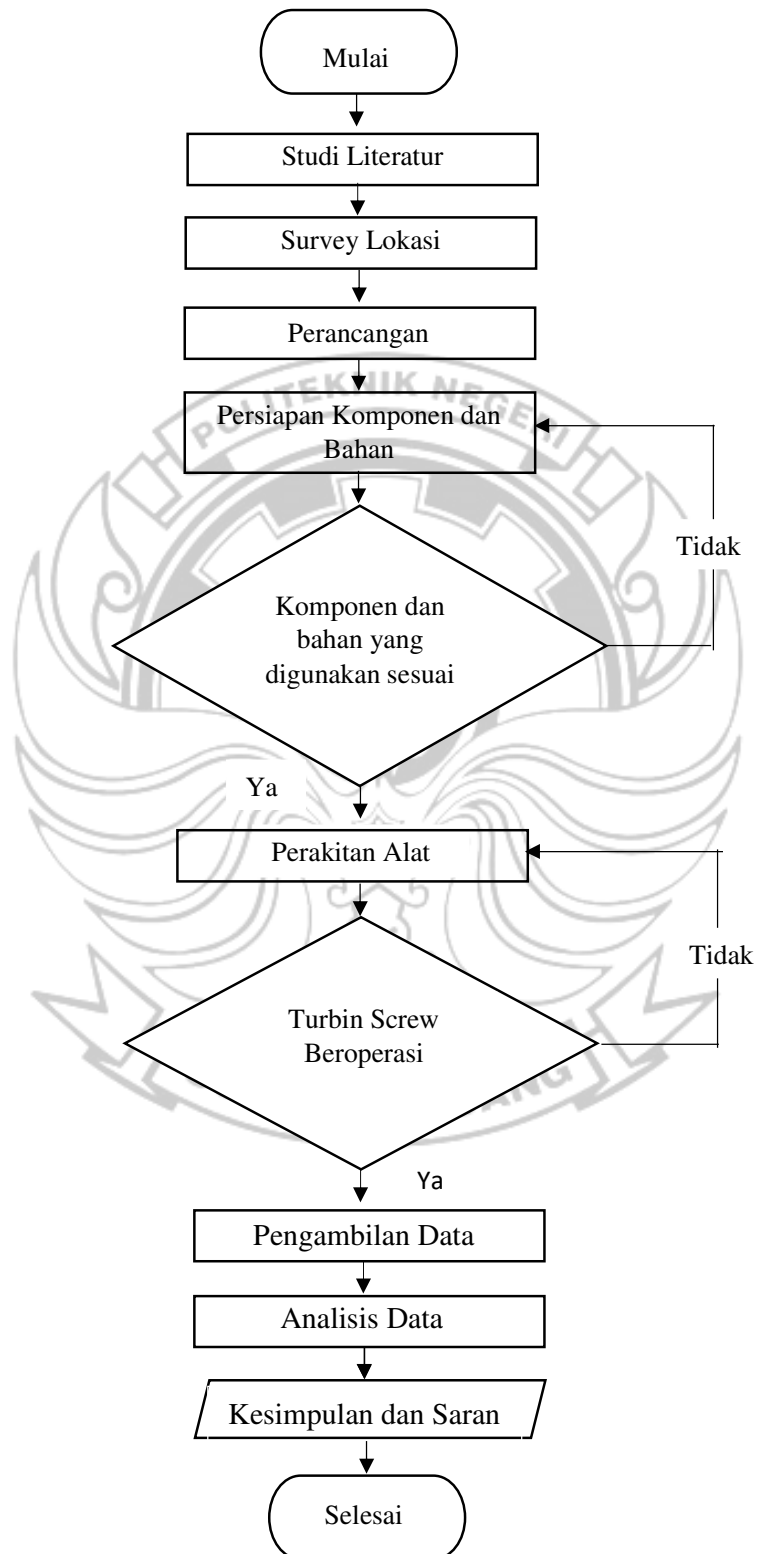
1. Gerinda
2. Las listrik
3. Penggaris
4. Palu
5. Multimeter
6. Tachometer
7. Jangka

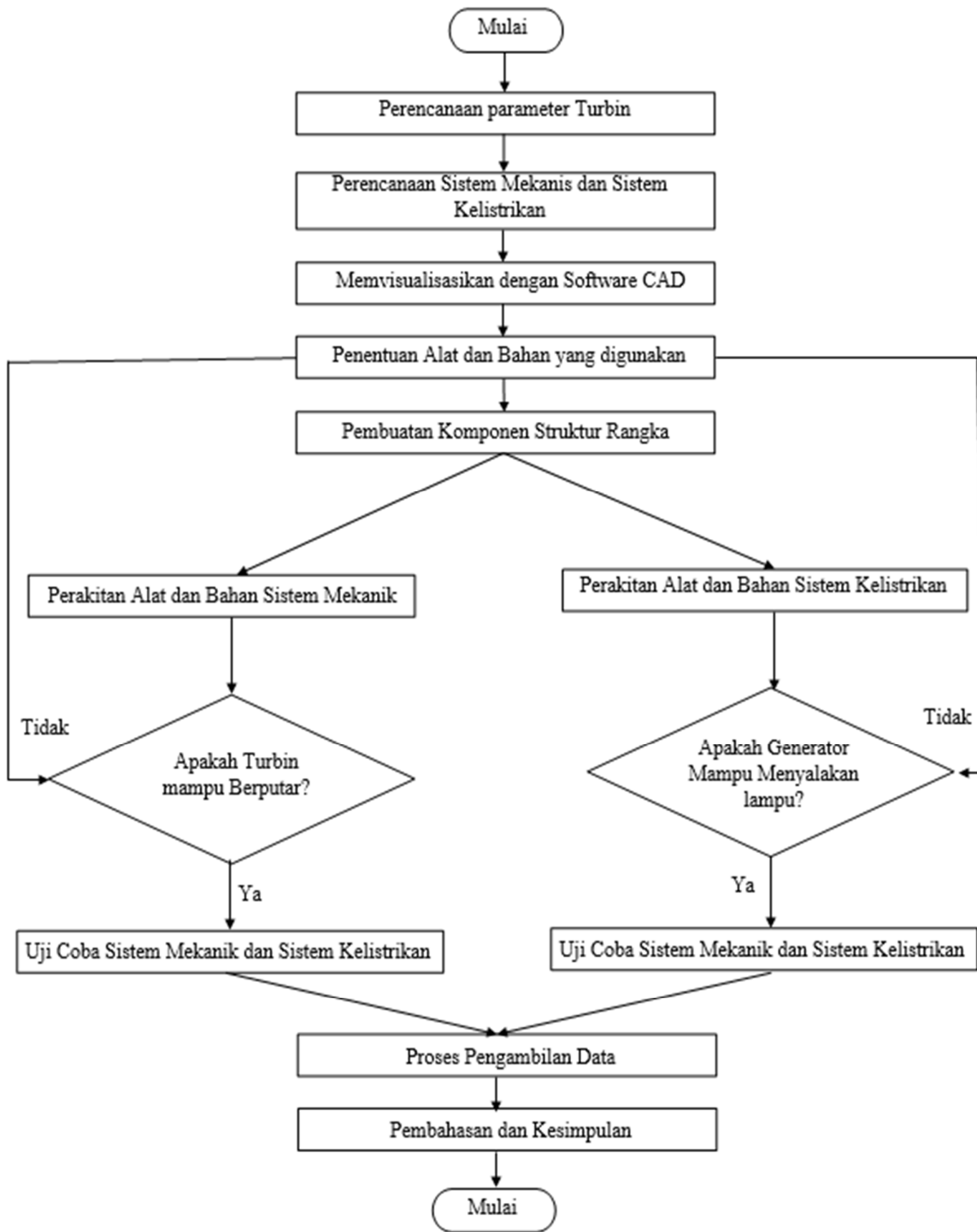
3.3 Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan pada proses pembuatan rancang bangun ini yaitu :

1. Besi Hollow
2. Pipa Pvc
3. Bearing
4. Puly
5. V-Belt
6. Plat
7. Mur dan Baut
8. Generator DC
9. Bearing pillow block

3.4 Prosedur Penelitian





Gambar 3.2 Flowchart Perencanaan Desain Turbin

3.4.1 Studi Literatur

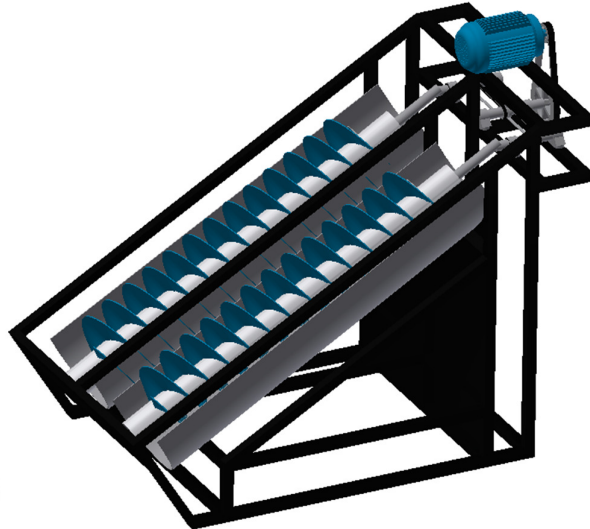
Studi literatur merupakan proses awal yang dilakukan sebelum memulai penelitian. Studi literatur dilakukan bertujuan untuk mengumpulkan informasi tentang penelitian sebelumnya mengenai turbin Archimedes *screw*, pembangkit listrik tenaga air berskala kecil, penentuan sudu turbin Archimedes agar memudahkan dalam pengerjaan rancang bangun.

3.4.2 Survei Lokasi

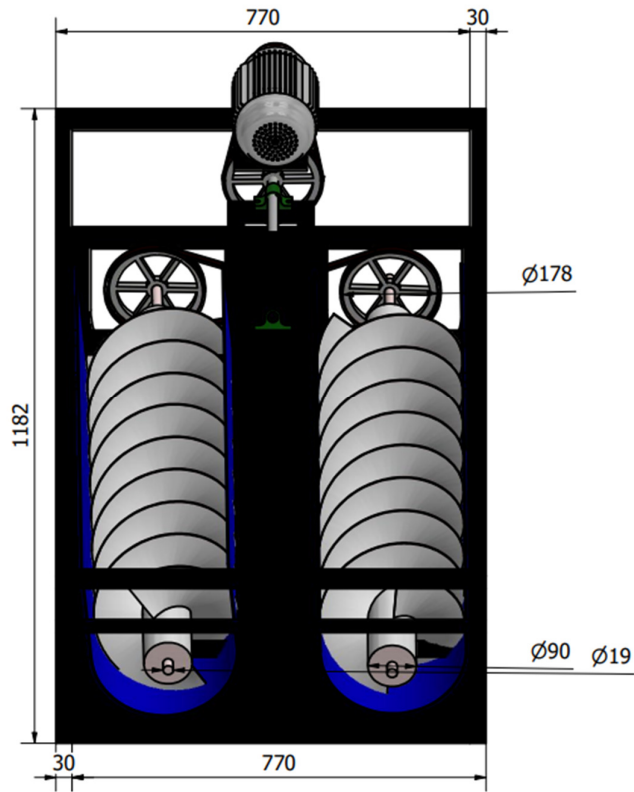
Survei lokasi merupakan tahap awal dalam merencanakan penelitian untuk mengetahui potensi sumber energi air yang akan diteliti. Pada saat melakukan survey terdapat parameter-parameter yang harus diperhatikan seperti kecepatan aliran air, dimensi saluran irigasi, debit air, dan tinggi jatuh air (*Head*).

3.4.3 Tahap Perancangan

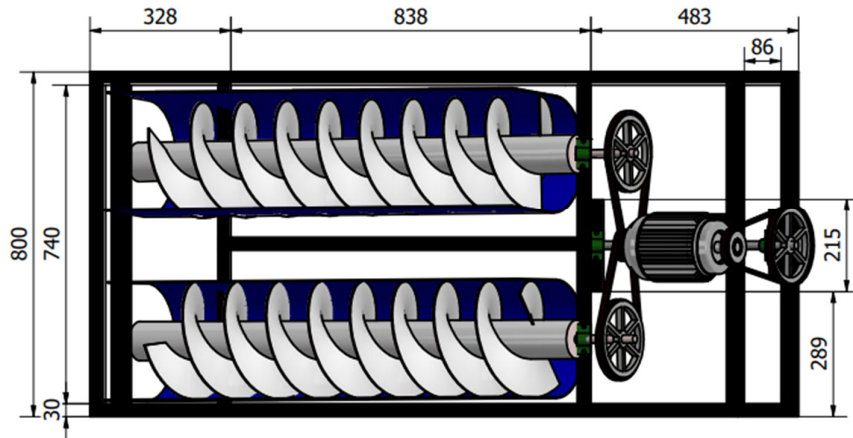
Tahap perancangan merupakan proses mendesain atau membuat pola rancangan alat yang akan dibuat. Tahap perancangan ini bertujuan untuk memberikan gambaran umum dari alat yang nantinya akan dibuat dengan mempertimbangkan parameter-parameter hasil dari survei lokasi. Agar nantinya alat yang dibuat sesuai dengan lokasi pengujian dan dapat berfungsi secara optimal. Desain dari PLTPH menggunakan turbin *double screw* dapat dilihat pada gambar 3.3 sampai gambar 3.7 dibawah ini :



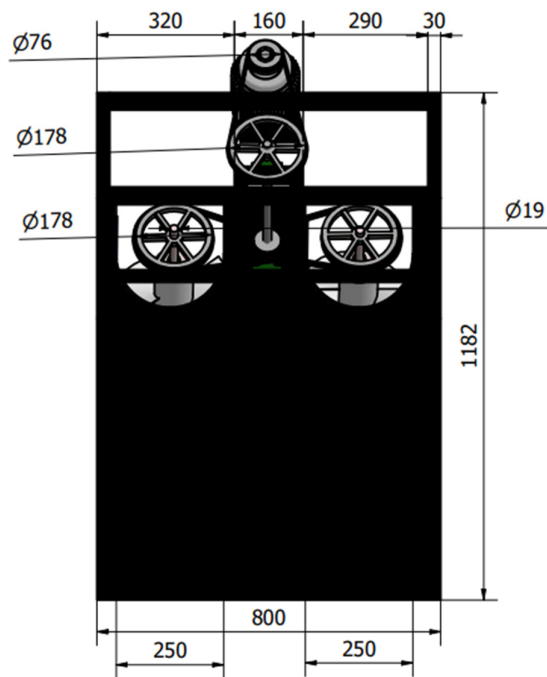
Gambar 3.3 Desain PLTPH menggunakan turbin *double screw*



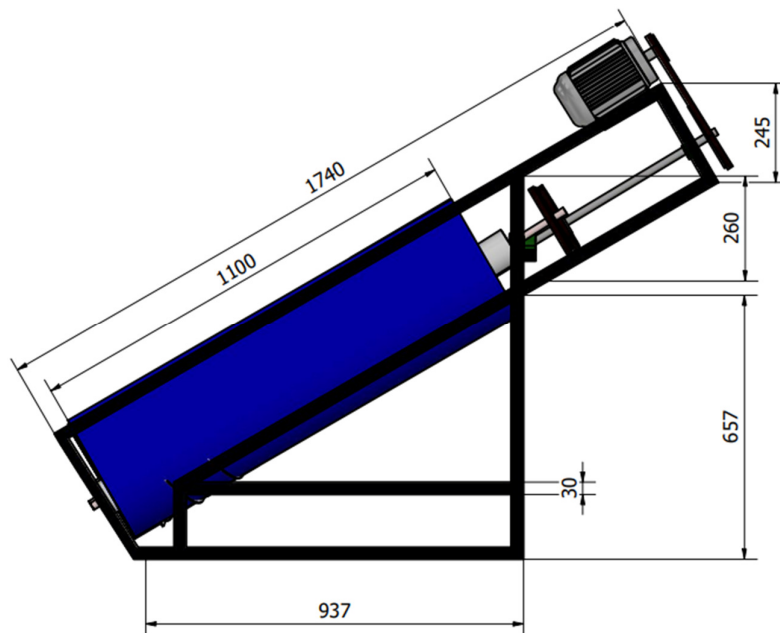
Gambar 3.4 Desain PLTPH menggunakan turbin *double screw* tampak depan



Gambar 3.5 Desain Desain PLTPH menggunakan turbin *double screw* tampak atas



Gambar 3.6 Desain Desain PLTPH menggunakan turbin *double screw* tampak belakang



Gambar 3.7 Desain Desain PLTPH menggunakan turbin *double screw* tampak samping

3.4.4 Tahap Pembuatan dan Perakitan

Setelah proses perancangan selesai dilakukan, maka akan dilanjutkan dengan proses pembuatan masing-masing komponen dari turbin *double screw*.

1. Rangka turbin *double screw*
 - a) Menyiapkan semua alat dan bahan yang akan digunakan
 - b) Mengukur dan memotong besi hollow sesuai dengan ukuran yang direncanakan.
 - c) Mengukur dan memotong plat penahan air sesuai dengan dimensi yang telah ditentukan.
 - d) Menyambungkan besi hollow dan plat menggunakan mesin las sesuai dengan desain rancangan yang telah dibuat.

- e) Memasang bearing pillow block dengan menggunakan baut dan mur pada rangka sebagai dudukan poros turbin.
- f) Membuat sistem transmisi mekanis yang nantinya akan menghubungkan turbin dan generator.

2. Turbin *screw*

- a) Menyiapkan semua alat dan bahan yang akan digunakan
- b) Memotong dan meluruskan pipa pvc dengan cara dipanaskan kemudian ditekan menggunakan keramik.
- c) Menggambar lingkaran pada pipa pvc dengan menggunakan jangka sesuai dengan rancangan yang telah dibuat, kemudian memotongnya.
- d) Merangkai dan menyatukan pvc dengan paralon yang telah diberi pola spiral sehingga membentuk sudu menggunakan lem sesuai dengan hasil perencanaan.
- e) Merapikan bentuk sudu dengan cara dipanaskan.
- f) Memasang poros ke turbin
- g) Melakukan finishing terhadap rangka turbin dan turbin berupa penghalusan untuk membersihkan permukaannya sebelum dilakukan pengecatan.
- h) Setelah seluruh komponen di cat, kemudian dirangkai sesuai dengan rancangan yang telah dibuat.

3.4.5 Pengujian dan Pengambilan Data

Setelah proses pembuatan dan perakitan selesai, maka akan dilakukan pengujian alat dan pengambilan data. Pengujian dan pengambilan data dilakukan

di saluran irigasi kawasan wisata air terjun Parang Bugisi, Desa Bulutana, Kec. Tinggi Moncong, Kab. Gowa.

Langkah-langkah pengujian turbin Archimedes *double screw* data adalah sebagai berikut :

1. Memastikan setiap komponen yang terhubung satu sama lain dalam keadaan kuat (tidak longgar).
2. Meletakkan alat pada saluran irigasi dan pastikan terpasang dengan baik (tidak bergerak).
3. Memastikan turbin berputar dengan baik pada porosnya.
4. Memastikan sistem transmisi penggerak generator terpasang dengan baik.
5. Melakukan proses pengujian.
6. Mengukur debit dan kecepatan aliran pada saluran irigasi.
7. Mengukur kecepatan putaran poros pada generator dan turbin archimedes *double screw* dengan menggunakan tachometer.
8. Mengukur tegangan (V) dan arus (I) yang dihasilkan generator.
9. Mencatat data hasil pengukuran pada tabel yang telah disiapkan.
10. Mengulang langkah 7-9 dengan mengvariasikan beban.
11. Pengujian selesai.

3.4.6 Pengolahan Data dan Analisa Data

Setelah dilakukan pengujian dan pengambilan data, selanjutnya akan dilakukan pengolahan data, pengolahan data dilakukan sebagai berikut:

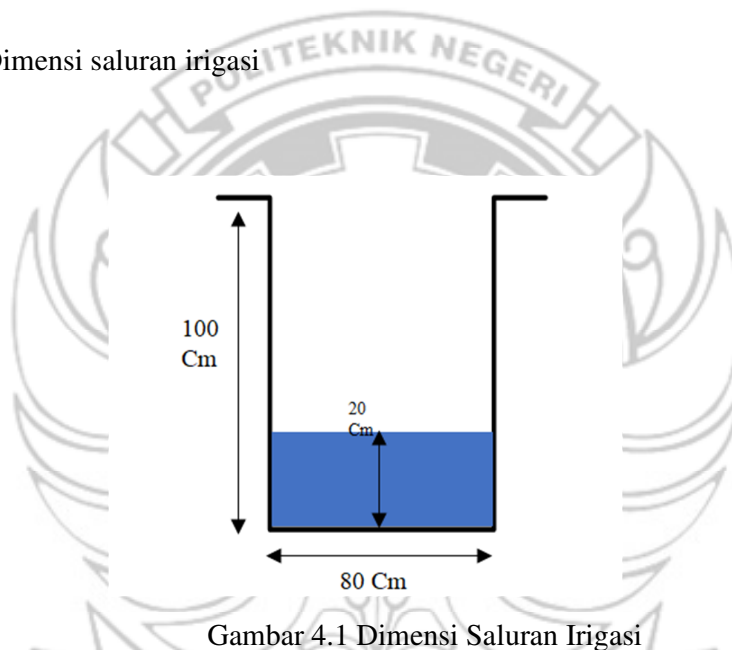
1. Menghitung daya yang dihasilkan turbin Archimedes *double screw*.
2. Menghitung efisiensi Turbin (η_t) dan efisiensi generator (η_g).

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Perancangan

Proses perancangan dimulai dengan melakukan survei lokasi di saluran irigasi Bulutana, Gowa untuk mengetahui berapa debit, *head*, dan kecepatan aliran air sehingga dapat menentukan daya rencana dari turbin *screw*.

- Dimensi saluran irigasi



Gambar 4.1 Dimensi Saluran Irigasi

- Pengukuran kecepatan saluran irigasi

Untuk mengukur kecepatan saluran irigasi digunakan metode pelampung sederhana yaitu dengan mengalirkan sebuah objek yang terapung diatas air dengan jarak lintasan 3 meter. Kemudian menghitung waktu yang dibutuhkan untuk objek sampai dari titik awal ke titik akhir. Percobaan ini dilakukan sebanyak 5 kali.

Percobaan	1	2	3	4	5
Waktu (s)	4,23	4,60	4,08	3,87	4,14
Jarak (m)	2				

Dari data hasil pengukuran dengan menggunakan metode pelampung sederhana maka dapat dihitung rata-rata waktu yang dibutuhkan sebagai berikut :

$$t = \frac{t_1+t_2+t_3+t_4+t_5}{\text{banyak percobaan}}$$

$$t = \frac{17,95+17,5+18,5+21,5+19,64}{5}$$

$$t = 19,018 \text{ s}$$

Untuk menghitung kecepatan aliran dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$v = \frac{s}{t}$$

$$v = \frac{2 \text{ m}}{19,018 \text{ s}}$$

$$v = 0,105 \text{ m/s}$$

4.1.1 Perhitungan Parameter Turbin Screw

Perancangan PLTPH dengan menggunakan turbin Archimedes *screw* dilakukan dengan analisis teoritis perhitungan debit, daya hidrolis air, diameter turbin, diameter poros, *pitch* turbin, panjang turbin, dan jumlah ulir. Berikut ini merupakan variabel-variabel untuk desain PLTPH berdasarkan studi literatur dan asumsi rancangan

- Tinggi jatuh air : 0,7 m
- Kecepatan aliran air (v) : 0,105 m/s
- Kedalaman input air (h₀) : 0,7 m
- Lebar input air (l) : 0,8 m

- Sudut turbin (θ) : 30°
- Jumlah blade : 2 buah

Sehingga dapat dilakukan perhitungan variable-variabel berikut :

1. Debit (Q)

$$Q = v \times A$$

Dimana :

$$A = h_0 \times l$$

Sehingga :

$$Q = v \times h_0 \times l$$

$$Q = 0,105 \text{ m/s} \times 0,7 \text{ m} \times 0,8 \text{ m}$$

$$Q = 0,0588 \text{ m}^3/\text{s}$$

2. Potensi Daya (P_h)

$$P_{\text{air}} = \rho \times g \times Q \times H$$

$$P_{\text{air}} = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,0588 \text{ m}^3/\text{s} \times 0,7 \text{ m}$$

$$P_{\text{air}} = 403,368 \text{ Watt}$$

3. Diameter Turbin (D)

$$D = \sqrt[3]{\frac{Q}{k \cdot n}}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{0,09 \text{ m}^3/\text{s}}{0,245 \cdot 30 \text{ rpm}}}$$

$$D = 0,23 \text{ m} = 23 \text{ Cm}$$

Nilai konstanta turbin didapat dari tabel 2.5

4. Diameter poros (d)

Perbandingan diameter poros turbin dan diameter turbin dapat dilihat dari tabel 2.5 sehingga dapat dihitung diameter poros dari turbin.

$$\frac{d}{D} = 0,3$$

$$d = 0,3 \cdot D$$

$$d = 0,3 \cdot 0,23 \text{ m}$$

$$d = 0,069 \text{ m} = 7 \text{ cm}$$

5. Pitch turbin (S)

Untuk menentukan nilai dari pitch turbin, terlebih dahulu menentukan nilai dari sudut turbin. Pitch turbin dirancang dengan menggunakan ketetapan dari Rorres yaitu jika sudut turbin 30° , maka $S = 1,0 D$

$$S = 1,0 \times D$$

$$S = 1,0 \cdot 0,23 \text{ m}$$

$$S = 0,23 \text{ m}$$

6. Panjang turbin (L)

$$L = \frac{H}{\sin \theta}$$

$$L = \frac{0,5}{\sin 30^\circ}$$

$$L = 1 \text{ m}$$

7. Jumlah ulir (Z)

$$Z = \frac{L}{S}$$

$$Z = \frac{1}{0,23}$$

$$Z = 4,3 = 4 \text{ buah}$$

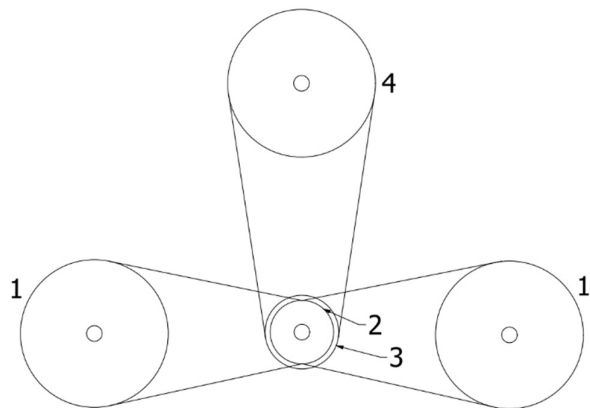
Berdasarkan hasil perhitungan parameter diperoleh hasil rancangan turbin air jenis *screw* untuk pembangkit listrik skala pikohidro yang dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini:

Tabel 4.1 Data Hasil Rancangan Turbin Air Jenis *Screw*

No.	Data Rancangan	Keterangan
1.	Debit	0,0588 m ³ /s
2.	Daya Hidrolis	403,368 Watt
3.	Diameter Turbin	0,23 m
4.	Diameter Poros	0,069 m
5.	Pitch Turbin	0,23 m
6.	Panjang Turbin	1m
7.	Jumlah Ulir	4 buah
8.	Kapasitas Generator	300 Watt
9.	Material Ulir	Plat Plastik PVC

4.1.2 Perhitungan sistem transmisi

Sistem transmisi menggunakan pully dan v-belt untuk mempercepat atau memperlambat putaran turbin ke generator. Skema sistem transmisi dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Skema sistem transmisi

Adapun perhitungan sistem transmisi menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

Dimana : N = kecepatan putar (rpm)

D = Diameter Puly (Inc)

- Transmisi 1

Diketahui:

$$N_1 = N_1' = 428 \text{ rpm} \quad D_1 = D_1' = 7 \text{ inc}$$

$$N_2 = 1000 \text{ rpm}$$

Ditanyakan : $D_2 = \dots?$

Maka :

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

$$D_2 = \frac{N_1 \cdot D_1}{N_2} = \frac{428 \cdot 7}{1000} = 2,9 \text{ inc} = 3 \text{ inc}$$

- Transmisi 2

Diketahui:

$$N_2 = N_3 = 1000 \text{ rpm} \quad D_3 = 3,5 \text{ inc}$$

$$N_4 = 500 \text{ rpm}$$

Ditanyakan : $D_4 = \dots?$

Maka :

$$\frac{N_3}{N_4} = \frac{D_4}{D_3}$$

$$D_4 = \frac{N_3 \cdot D_3}{N_4} = \frac{1000 \cdot 3,5}{500} = 7 \text{ inc}$$

4.1.3 Pemilihan Bantalan Bearing

Sesuai dengan perbandingan antara bantalan luncur dan bantalan gelinding, maka dipilihlah bantalan luncur, seperti mampu menahan beban yang tinggi, mudah dipasang, tingkat ketelitian, gaya gesek rendah dan yang paling utama dalam biaya perencanaan murah. Adapun tipe bantalan yang digunakan adalah Bearing UCP 204-12. Ukuran diameter bantalan digunakan sesuai dengan ukuran besi poros turbin yang telah direncanakan yaitu 19 mm.



Gambar 4.3 Bearing pillow blok

4.2 Data Hasil Pengamatan

Pada pengujian terhadap turbin Archimedes *screw*, dilakukan pengambilan data dengan cara mencatat variabel-variabel yang dibutuhkan untuk menghitung kinerja dari turbin *archimedes screw* yang tercantum pada tabel 4.2 sampai 4.5 sebagai berikut :

Tabel 4. 2 Data hasil pengujian Turbin Archimedes *Single screw* Tanpa Generator

No.	Beban (Kg)	Putaran (rpm)	Debit (Q)	Head (m)	P _h (Watt)
1.	0	1042.7	0.0588	0.7	201,684
2.	1	1012.6			
3.	2	983.2			

4.	3	952.8			
5.	4	864.5			
6.	5	789.1			
7.	6	706.2			
8.	7	627.8			
9.	8	596.3			
10.	9	509.9			
11.	10	428.3			
12.	11	349.2			
13.	12	266.7			
14.	13	235.1			
15.	14	198.6			
16.	15	147.8			
17.	16	94.2			
18.	17	37.9			
19.	18	0			

Tabel 4. 3 Data Hasil Pengujian Turbin Archimedes *Double screw* Tanpa Generator

No.	Beban (Kg)	Putaran (rpm)	Debit (Q)	Head (m)	Ph (Watt)
1.	0	1011.5			
2.	1	1006.3			
3.	2	996.8			
4.	3	964.6			
5.	4	947.2	0.0588	0,7	403,368
6.	5	929.1			
7.	6	901.8			
8.	7	876.4			
9.	8	854.1			

10.	9	837.9			
11.	10	820.6			
12.	11	787.2			
13.	12	752.6			
14.	13	724.8			
15.	14	708.1			
16.	15	686.1			
17.	16	648.7			
18.	17	607.2			
19.	18	570.8			
20.	19	549.3			
21.	20	522.4			
22.	21	477.6			
23.	22	431.3			
24.	23	386.7			
25.	24	341.2			
26.	25	318.5			
27.	26	292.1			
28.	27	266.3			
29.	28	234.7			
30.	29	204.2			
31.	30	154.8			
32.	31	102.5			
33.	32	49.9			
34.	33	0			

Tabel 4. 4 Data Hasil Pengujian Turbin Archimedes *Single Screw* Yang Terkopel Dengan Generator

No.	Beban	Putaran Turbin (Rpm)	Putaran Generator (Rpm)	Tegangan (V)	Arus (I)
1.	0	989	575	24,2	0

2.	1	943.2	409.2	10.9	0.27
3.	2	937.4	402.6	10.5	0.32
4.	3	931.9	393.7	10.4	0.42
5.	4	926.1	387.4	10.3	0.44
6.	5	920.3	379.8	9.9	0.47
7.	6	891.7	367.2	9.8	0.49
8.	7	882.2	358.1	9.7	0.51
9.	8	874.6	351.7	9.5	0.54
10.	9	867.3	334.5	9.4	0.57
11.	10	858.9	339.2	9.2	0.6
12.	11	850.2	330.3	9.1	0.62
13.	12	841.5	321.3	8.9	0.63
14.	13	806.7	317.5	8.8	0.65

Ket : 1 Lampu = 10 Watt

Tabel 4. 5 Data Hasil Pengujian Turbin Archimedes *Double Screw* Yang Terkopel Dengan Generator

No.	Beban	Putaran Turbin (Rpm)	Putaran Generator (Rpm)	Tegangan (V)	Arus (I)
1.	0	946.4	644.8	23.3	0
2.	1	930.2	588.1	17	1.17
3.	2	924.7	567.2	15.7	1.45
4.	3	917.4	569.2	15.1	1.66
5.	4	913.5	570.4	14.69	1.80
6.	5	909.3	572.7	14.66	1.98
7.	6	905.8	573.8	14.63	2.08
8.	7	899.6	576.8	14.57	2.15
9.	8	896.1	579.3	14.56	2.24
10.	9	895.5	583.2	14.5	2.34
11.	10	894.3	593.4	14.4	2.36
12.	11	893.3	595.2	14.2	2.41
13.	12	891.6	596.6	14.1	2.45
14.	13	889.4	598.5	13.9	2.49

Ket : 1 Lampu = 10 Watt

4.3 Analisis Data

Berdasarkan data hasil penelitian pada tabel 4.2 sampai 4.5, dilakukan pengolahan data dengan menggunakan rumus yang tercantum pada persamaan-persamaan di bab sebelumnya.

1. Pengujian Turbin Archimedes *Single screw* tanpa generator

Dengan menggunakan data ke-9 pengujian torsi pada tabel 4.2 dengan menggunakan turbin Archimedes *single screw* sebagai acuan analisa.

Diketahui :

$$\text{Beban} = 8 \text{ Kg}$$

$$\text{Putaran} = 596.3 \text{ rpm}$$

$$\text{Diameter Pulley} = 0,0508, \text{ r} = 0,0254 \text{ m}$$

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

Penyelesaian :

a. Torsi

$$T = F \times r$$

Dimana :

$$F = m \times g$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} T &= m \times g \times r \\ &= 8 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,0254 \\ &= 1,99136 \text{ Nm} \end{aligned}$$

b. Daya Mekanik

$$P_m = \frac{2\pi NT}{60}$$

$$= \frac{2 \times 3,14 \times 596,3 \times 1,99136}{60}$$

$$= 124,286 \text{ Watt}$$

c. Efisiensi Turbin (η_t)

$$\eta_t = \frac{Pt}{Ph} \times 100\%$$

$$= \frac{124,286}{201,64} \times 100\%$$

$$= 61,62 \%$$

2. Pengujian Torsi Dengan Menggunakan Turbin Archimedes *Double Screw*

Dengan menggunakan data ke-21 pengujian torsi pada tabel 4.3 dengan menggunakan turbin Archimedes *double screw* sebagai acuan analisa.

Diketahui :

Beban = 20 Kg

Putaran = 522,4 rpm

Diameter *Pulley* = 0,0508, r = 0,0254

Gravitasi = 9,8 m/s²

Penyelesaian :

a. Torsi

$$T = F \times r$$

Dimana :

$$F = m \times g$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 T &= m \times g \times r \\
 &= 20 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,0254 \\
 &= 4,9784 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

b. Daya Mekanik

$$\begin{aligned}
 P_m &= \frac{2\pi NT}{60} \\
 &= \frac{2 \times 3,14 \times 522,4 \times 4,9784}{60} \\
 &= 272,346 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

d. Efisiensi Turbin (η_t)

$$\begin{aligned}
 \eta_t &= \frac{P_t}{P_h} \times 100\% \\
 &= \frac{272,346}{403,368} \times 100\% \\
 &= 67,52\%
 \end{aligned}$$

3. Pengujian Turbin Archimedes *Single screw* terkopel generator berbeban

Berdasarkan data ke-7 pengujian pembebanan pada tabel 4.4 dengan menggunakan turbin Archimedes *single screw* sebagai acuan analisa.

Diketahui :

Beban = 6 buah Lampu 10 Watt

Tegangan = 9,8 V

Arus = 0,49 A

Putaran Turbin (n_1) = 891,7 Rpm

Putaran Generator (n_2) = 367,2 Rpm

Penyelesaian :

a. Daya hidrolis (P_h)

$$\begin{aligned} P_h &= \rho \times g \times Q \times H \\ &= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,0294 \text{ m}^3/\text{s} \times 0,7 \text{ m} \\ &= 201,684 \text{ Watt} \end{aligned}$$

b. Daya Generator (P_g)

$$\begin{aligned} P_g &= V \times I \\ &= 9,8 \text{ V} \times 0,49 \text{ A} \\ &= 4,80 \text{ Watt} \end{aligned}$$

c. Efisiensi sistem

$$\begin{aligned} \eta_s &= \frac{P_g}{P_h} \times 100\% \\ &= \frac{4,80}{201,684} \times 100\% \\ &= 2,38 \% \end{aligned}$$

4. Pengujian Pembebanan Dengan Menggunakan Turbin Archimedes *Double Screw*

Dengan menggunakan data ke- 7 pengujian pembebanan pada tabel 4.5 dengan menggunakan turbin archimedes *double screw* sebagai acuan analisa.

Beban = 6 buah lampu 10 Watt

Tegangan = 14,63 V

Arus = 2,08 A

Putaran Turbin (n_1) = 905,8 Rpm

Putaran Generator (n_2) = 573,8 Rpm

Penyelesaian :

a. Daya hidrolis (P_h)

$$\begin{aligned} P_h &= \rho \times g \times Q \times H \\ &= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,0588 \text{ m}^3/\text{s} \times 0,7 \text{ m} \\ &= 403,368 \text{ Watt} \end{aligned}$$

b. Daya generator (P_g)

$$\begin{aligned} P_g &= V \times I \\ &= 14,63 \text{ V} \times 2,08 \text{ A} \\ &= 30,43 \text{ Watt} \end{aligned}$$

c. Efisiensi sistem

$$\begin{aligned} \eta_g &= \frac{P_g}{P_h} \times 100\% \\ &= \frac{30,43}{403,368} \times 100\% \\ &= 7,54 \text{ \%} \end{aligned}$$

4.4 Tabel Hasil Analisis Data

Setelah melakukan analisis data pada pengujian torsi maupun pengujian pembebanan dengan menggunakan lampu pada turbin Archimedes screw maka didapatkan tabel hasil analisis data seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.6 sampai dengan tabel 4.9

Tabel 4. 6 Hasil Analisis Pengujian Torsi Pada Turbin Archimedes *Single Screw*

No.	Beban (Kg)	Putaran (rpm)	Torsi (Nm)	Daya Mekanik (Watt)	Efisiensi Turbin (%)
1.	0	1042.7	0	0	0.00
2.	1	1012.6	0.24892	26.382	13.08
3.	2	983.2	0.49784	51.232	25.40
4.	3	952.8	0.74676	74.472	36.92

5.	4	864.5	0.99568	90.093	44.67
6.	5	789.1	1.2446	102.795	50.97
7.	6	706.2	1.49352	110.394	54.74
8.	7	627.8	1.74244	114.495	56.77
9.	8	596.3	1.99136	124.286	61.62
10.	9	509.9	2.24028	119.563	59.28
11.	10	428.3	2.4892	111.588	55.33
12.	11	349.2	2.73812	100.077	49.62
13.	12	266.7	2.98704	83.382	41.34
14.	13	235.1	3.23596	79.628	39.48
15.	14	198.6	3.48488	72.440	35.92
16.	15	147.8	3.7338	57.761	28.64
17.	16	94.2	3.98272	39.268	19.47
18.	17	37.9	4.23164	16.786	8.32
19.	18	0	4.48056	0.000	0.00

Tabel 4. 7 Hasil Analisis Pengujian Torsi Pada Turbin Archimedes *Double Screw*

No.	Beban (Kg)	Putaran (rpm)	Torsi (Nm)	Daya Mekanik (Watt)	Efisiensi Turbin (%)
1.	0	1011.5	0	0.000	0.00
2.	1	1006.3	0.24892	26.231	6.50
3.	2	996.8	0.49784	51.967	12.88
4.	3	964.6	0.74676	75.432	18.70
5.	4	947.2	0.99568	98.762	24.48
6.	5	929.1	1.2446	121.094	30.02
7.	6	901.8	1.49352	141.042	34.97
8.	7	876.4	1.74244	159.915	39.64
9.	8	854.1	1.99136	178.110	44.16
10.	9	837.9	2.24028	196.573	48.73
11.	10	820.6	2.4892	213.905	53.03
12.	11	787.2	2.73812	225.718	55.96
13.	12	752.6	2.98704	235.415	58.36
14.	13	724.8	3.23596	245.612	60.89
15.	14	708.1	3.48488	258.411	64.06

16.	15	686.1	3.7338	268.267	66.51
17.	16	648.7	3.98272	270.553	67.07
18.	17	607.2	4.23164	269.072	66.71
19.	18	570.8	4.48056	267.821	66.40
20.	19	549.3	4.72948	272.052	67.45
21.	20	522.4	4.9784	272.346	67.52
22.	21	477.6	5.22732	261.440	64.81
23.	22	431.3	5.47624	247.338	61.32
24.	23	386.7	5.72516	231.841	57.48
25.	24	341.2	5.97408	213.456	52.92
26.	25	318.5	6.223	207.557	51.46
27.	26	292.1	6.47192	197.967	49.08
28.	27	266.3	6.72084	187.423	46.46
29.	28	234.7	6.96976	171.301	42.47
30.	29	204.2	7.21868	154.363	38.27
31.	30	154.8	7.4676	121.054	30.01
32.	31	102.5	7.71652	82.827	20.53
33.	32	49.9	7.96544	41.624	10.32
34.	33	0	8.21436	0.000	0.00

Tabel 4.8 Hasil Analisis Pengujian Pembebanan Pada Turbin Arcimedes Single Screw

No	Beban	V (Volt)	A (Ampere)	P_h (Watt)	P_g (Watt)	η_s (%)	Ket.
1.	0 Lampu	21,12	0	201,684	0	0	-
2.	1 Lampu	10.9	0.27		2.94	1.46	Terang
3.	2 Lampu	10.5	0.32		3.36	1.67	Terang
4.	3 Lampu	10.4	0.42		4.37	2.17	Terang
5.	4 Lampu	10.3	0.44		4.53	2.25	Terang
6.	5 Lampu	9.9	0.47		4.65	2.31	Terang
7.	6 Lampu	9.8	0.49		4.80	2.38	Terang
8.	7 Lampu	9.7	0.51		4.95	2.45	Terang
9.	8 Lampu	9.5	0.54		5.13	2.54	Terang
10.	9 Lampu	9.4	0.57		5.36	2.66	Terang
11.	10 Lampu	9.2	0.6		5.52	2.74	Terang
12.	11 Lampu	9.1	0.62		5.64	2.80	Cukup Terang
13.	12 Lampu	8.9	0.63		5.61	2.78	Cukup

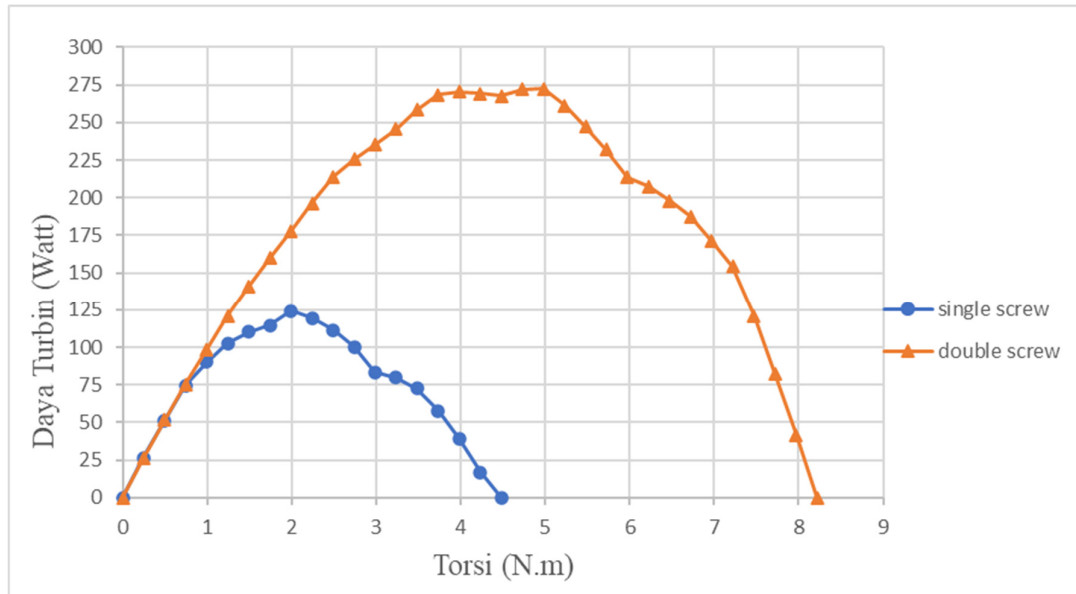
							Terang
14.	13 Lampu	8.8	0.65		5.72	2.84	Cukup Terang

Tabel 4.9 Hasil Analisis Pengujian Pembebanan Pada Turbin *Arcimedes Double Screw*

No	Beban	V (Volt)	A (Ampere)	P _h (Watt)	P _g (Watt)	η _s (%)	Ket.
1.	0 Lampu	23,3	0	403,368	0	0	-
2.	1 Lampu	17	1.17		0.20	0.05	Terang
3.	2 Lampu	15.7	1.45		22.77	5.64	Terang
4.	3 Lampu	15.1	1.66		25.07	6.21	Terang
5.	4 Lampu	14.69	1.8		26.44	6.56	Terang
6.	5 Lampu	14.66	1.98		29.03	7.20	Terang
7.	6 Lampu	14.63	2.08		30.43	7.54	Terang
8.	7 Lampu	14.57	2.15		31.33	7.77	Terang
9.	8 Lampu	14.56	2.24		32.61	8.09	Terang
10.	9 Lampu	14.5	2.34		33.93	8.41	Terang
11.	10 Lampu	14.4	2.36		33.98	8.43	Terang
12.	11 Lampu	14.2	2.41		34.22	8.48	Terang
13.	12 Lampu	14.1	2.45		34.55	8.56	Terang
14.	13 Lampu	13.9	2.49		34.61	8.58	Terang

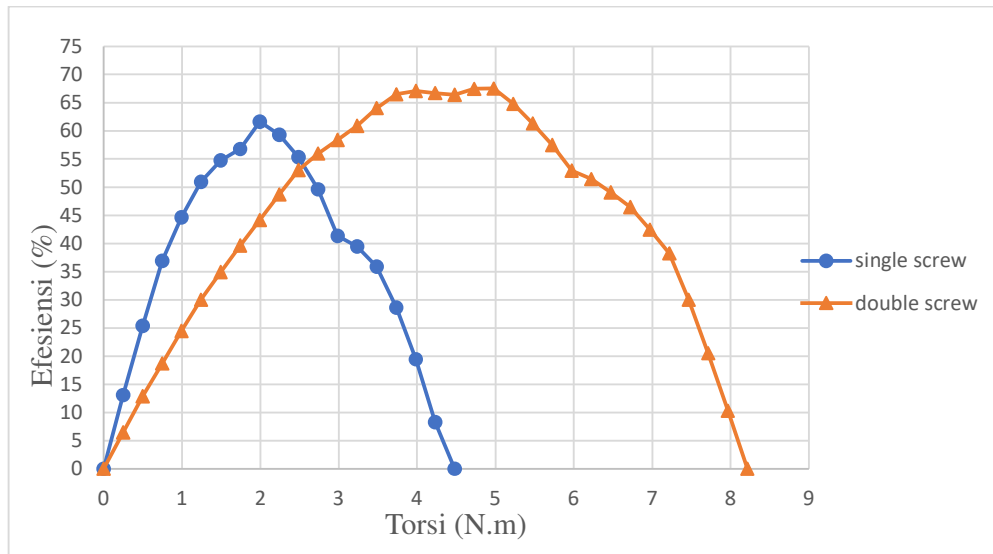


4.5 Pembahasan Grafik



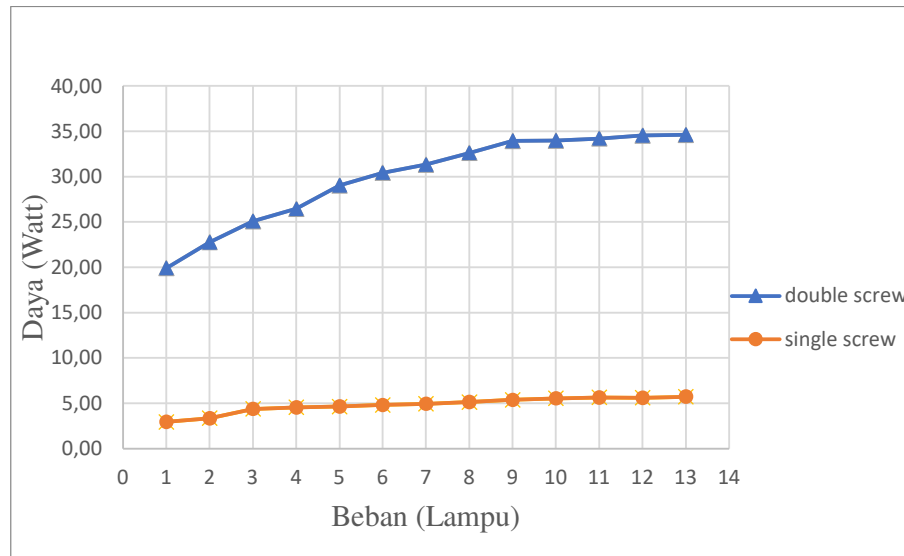
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Torsi Turbin Terhadap Daya Turbin dengan variasi *screw*

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa ketika diberi pembebanan, daya turbin akan mengalami kenaikan sampai ke titik puncak pada kurva, setelah melewati titik puncak maka daya turbin akan mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena penambahan beban yang melewati batas maksimum dari kemampuan turbin sehingga menyebabkan penurunan putaran pada turbin. Untuk turbin single screw nilai maksimum didapat pada pembebanan 8 Kg diperoleh daya turbin sebesar 124,286 Watt sedangkan untuk turbin *double screw* nilai maksimum didapat pada pembebanan 20 Kg diperoleh daya turbin sebesar 272,346 Watt.



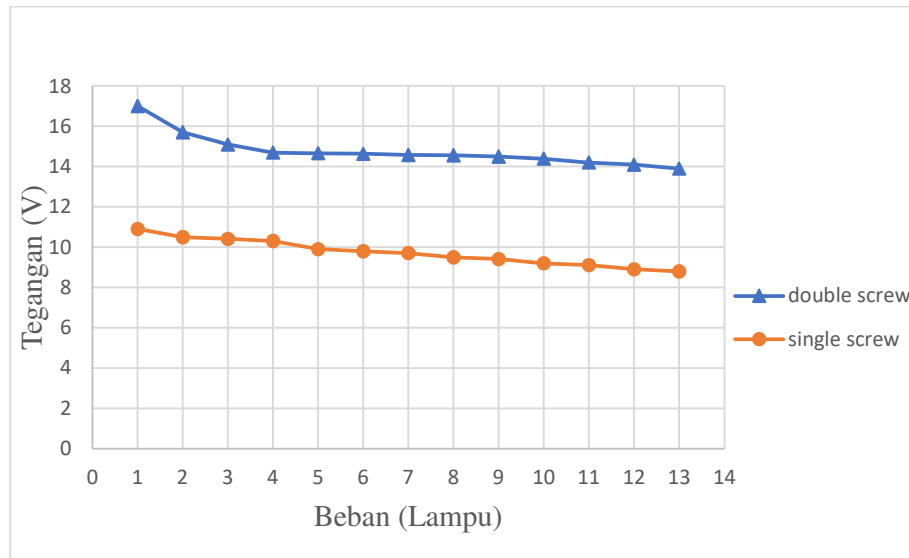
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Torsi Turbin Terhadap Efisiensi Turbin Dengan Variasi Screw

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa ketika diberi pembebanan, maka efisiensi turbin akan mengalami peningkatan kenaikan sampai ke titik puncak pada kurva, setelah melewati titik puncak maka efisiensi dari turbin akan mengalami penurunan. Efisiensi tertinggi diperoleh pada pembebanan 8 Kg dengan nilai efisiensi yaitu 61,62% sedangkan untuk turbin *double screw* efisiensi tertinggi diperoleh pada pembebanan 20 Kg dengan nilai efisiensi 66,52%.



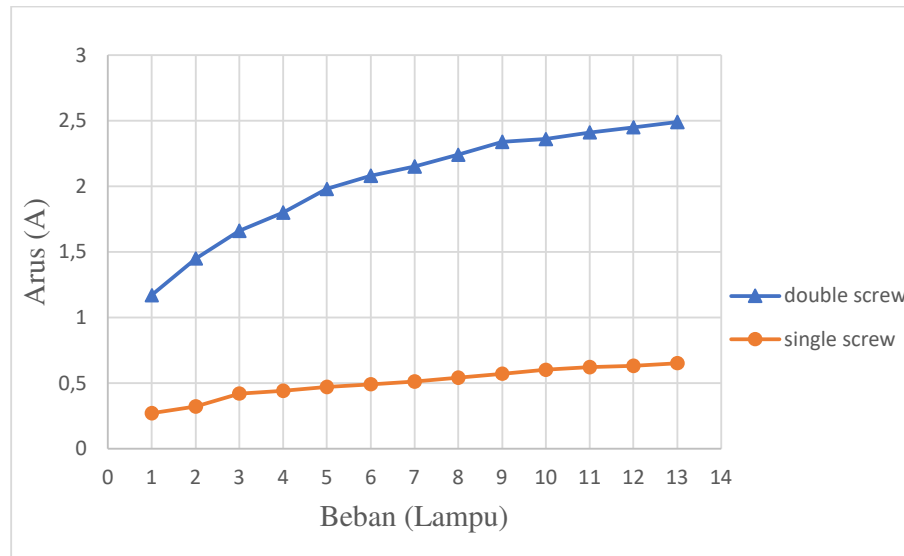
Gambar 4.6 Grafik hubungan Pembebanan Terhadap Daya Output Turbin

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa pengaruh pembebanan terhadap daya output listrik adalah berbanding lurus, semakin banyak beban yang diberikan maka daya yang dihasilkan juga semakin tinggi. Untuk turbin *single screw* daya tertinggi diperoleh pada pembebanan 13 buah lampu dengan daya yang dihasilkan yaitu 5.72 Watt sedangkan daya terendah diperoleh pada pembebanan 1 buah lampu dengan daya yang dihasilkan yaitu 2.4 Watt. Untuk turbin *double screw* daya tertinggi diperoleh pada pembebanan 13 buah lampu dengan daya yang dihasilkan yaitu 34,61 Watt sedangkan daya terendah diperoleh pada pembebanan 1 buah lampu dengan daya yang dihasilkan yaitu 19,89 Watt. Ini membuktikan bahwa turbin Archimedes *double screw* lebih optimal dibandingkan dengan turbin Archimedes *single screw*.



Gambar 4.7 Grafik Hubungan Pembebanan Terhadap Tegangan

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa beban dan tegangan berbanding terbalik. Hal ini disebabkan karena adanya pembebanan pada generator yang menyebabkan tegangan mengalami penurunan. Semakin besar beban yang diberikan maka nilai tegangan yang dihasilkan semakin kecil. Untuk turbin *single screw* diperoleh tegangan sebesar 10.9 V pada pembebanan 1 buah lampu dengan daya 10 watt sedangkan untuk turbin *double screw* diperoleh tegangan sebesar 17 V pada pembebanan 1 buah lampu dengan daya 10 Watt.



Gambar 4.8 Grafik Hubungan Pembebanan Terhadap Arus

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa beban dan arus berbanding lurus. semakin besar beban maka arus yang dihasilkan semakin besar. Untuk turbin *single screw* diperoleh arus tertinggi sebesar 0,65 A pada pembebanan 13 buah lampu sedangkan arus terendah diperoleh pada pembebanan 1 buah lampu dengan arus sebesar 0,27 A. Untuk turbin *double screw* diperoleh arus tertinggi sebesar 2,49 A pada pembebanan 13 buah lampu sedangkan arus terendah diperoleh pada pembebanan 1 buah lampu dengan arus sebesar 1,17 A.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data yang telah diperoleh dari hasil perancangan dan pengujian alat maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah dibuat Turbin Archimedes *Screw* sebagai turbin air.
2. Berdasarkan data hasil penelitian terhadap turbin Archimedes *screw* yang dibuat, didapatkan nilai efisiensi turbin Archimedes *single screw* mencapai 61.62 % dengan daya turbin yang dihasilkan yaitu 124.286 Watt, nilai torsi sebesar 1.991 Nm dan putaran turbin 596.3 Rpm pada pembebanan 8 Kg. Sedangkan nilai efisiensi turbin Archimedes *double screw* mencapai 67.52 % dengan daya turbin yang dihasilkan yaitu 272.346 Watt, nilai torsi sebesar 4.978 Nm dan putaran turbin 522.4 Rpm pada pembebanan 20 Kg.
3. Daya yang dihasilkan turbin Archimedes *double screw* lebih besar dibandingkan daya yang dihasilkan oleh Archimedes *single screw*, dimana daya rata rata yang dihasilkan Archimedes *double screw* sebesar 28,52 Watt sedang daya rata rata yang dihasilkan oleh Archimedes *single screw* sebesar 14,81 Watt.

5.2 Saran

Beberapa saran penting untuk penelitian ini atau yang ingin dikembangkan :

1. Menambahkan regulator tegangan agar tegangan output lebih stabil sehingga tidak terjadi over voltage ketika dilakukan pembebanan (lampu)
2. Membuat konstruksi tipe *close compact installation* atau instalasi yang secara keseluruhan tertutup sehingga memaksimalkan air yang mengalir menuju sudu turbin.



DAFTAR PUSTAKA

- C. Rorres. 2000. *The Turn of The Screw. Optimal Design of An Archimedes Screw. Journal of Hydraulic Engineering. Philadelphia.*
- Encu Saefudin, Dkk. 2017. *Turbin Screw untuk Pembangkit Listrik Skala Mikrohidro Ramah Lingkungan. Jurnal Rekayasa Hijau, No.3 Vol.1 Oktober 2017, ISSN: 2550-1070.*
- Encu Saefudin, Tarsius Kristyandi, Tri Sigit Purwanto. 2017. *Perancangan Turbin Screw untuk Pembangkit Listrik Mikrohidro dengan Head Rendah. Institut Teknologi Nasional. Hal 138-143.*
- Fachruddin, Dkk. 2015. *Pengujian Variasi Jumlah Dan Sudut Bilah Kincir Air Tipe Breastshot.* "Jurnal Poli-Teknologi. vol. 14, No. 3.
- H. Irawan, Syamsuri, and Rahmad. 2018. *Analisis Performansi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air Jenis Turbin Pelton Dengan Variasi Bukaannya Katup Dan Beban Lampu Menggunakan Inverter. Jurnal Hasil Penelitian LPPM Untag Surabaya, vol. 03, no. 01, pp. 27-31, 2018.*
- Institute for Essential Service Reform (IESR). 2019. *Laporan Status Energi Bersih Indonesia: Potensi, Kapasitas Terpasang, dan Rencana Pembangunan Pembangkit Listrik Energi Terbarukan.*
- Jasa, L. 2017. *Mikro Hidro; Strategi Memanfaatkan Energi Murah dan Ramah Lingkungan. Yogyakarta : Teknosain.*
- Mafruddin. 2016. *Studi Eksperimental Sudut Nosel dan Sudut Sudu Terhadap Kinerja Turbin Cross-Flow Sebagai PLTMH di Desa Bumi Nabung Timur. Bandar Lampung : Universitas Lampung.*
- Nugroho, Dwi Oktavianto Wahyu. 2016. *Rancang Bangun Non Fixed Blade Angle Turbin Screw Untuk Optimasi Daya Alternator. Tesis. Surabaya: Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember.*

- Ridwan. 2014. *Perancangan Model Air Silang (Cross Flow Turbine) dengan Head 2 m dan Debit 0,03 m³/s*. Jurnal Teknik Mesin. Mercu Buana, Vol. 03. No.3,pp. 7-12. 2014.
- Risnandar, F. A. Pratama, and Novrinaldi. 2011. *GIS untuk Menentukan Potensi Pembangunan Piko-Hidro*. Jurnal Teknologi Informasi. Vol. 1. No. 2.
- Saleh, Z. Syafitra, M.F. 2016. *Analisis Perbandingan Daya pada Saluran Pembawa untuk Suplai Turin Ulir Archimedes*. Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT) 4A. ISSN : 2339-028X.
- Sandy, Silvester. 2016. *Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro di Aliran Sungai Sekitar Bangunmulyo, Girikerto, Turi, Sleman. Indonesia*. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Negeri Yogyakarta. Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, Vol. 22, No. 5, September – Desember 2016.
- Setiarso, M.A. Widiyanto, W. Purnomo, S.N. 2016. *Potensi Tenaga Listrik dan Penggunaan Turbin Ulir untuk Pembangkit Skala Kecil di Saluran Banjarcayana*. DINAMIKA REKAYASA Vol. 13 NO. 1 (2016). Hal. 18-27.
- Stolk, J dan Kros, C., 1986. *Element Mesin, Elemen Konstruksi dari Bangunan Mesin*. Penerjemah Hendarsin, H. dan Abdul Rachman. Jakarta: Erlangga.
- Sularso dan Sugo, K. 2007. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Tineke Saroinsong, Adelbert Thomas, Alfred N Mekel. 2017. *Desain dan Pembuatan Turbin Ulir Archimedes untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro*. Prosiding Sentrinov 2017. Volume 3, Page 159-168. ISSN: 2477-2097.
- Yulianto, Tarmukan, Bambang Priyadi. 2017. *Implementasi Turbin Rotor Sekrup untuk Aliran Datar*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Elektro Terapan 2017. Vol. 01 No.01, ISSN: 2581-0049.

LAMPIRAN

1. Lampiran Foto Kegiatan



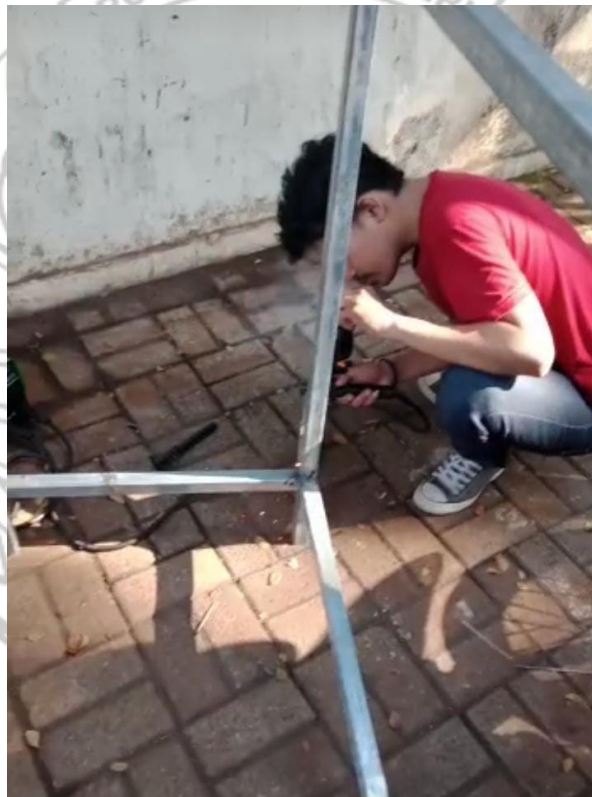
Gambar 1 Pembuatan Ulir Turbin



Gambar 2 Pemasangan ulir ke poros turbin



Gambar 3 Pembuatanudukan turbin berbentuk U dengan menggunakan mesin roll Plat



Gambar 4 Pengelasan Rangka Turbin



Gambar 6 Pengecetan Turbin



Gambar 7 Pengujiann Turbin Screw



Gambar 8 Pengambilan Data Torsi Dan Beban Lampu



Gambar 9 Kondisi Beban Lampu Saat Pengujian