

## **TUGAS AKHIR**

# **PENGARUH JUMLAH SUDU KINCIR AIR TERHADAP KINERJA KINCIR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PICO HYDRO (PLTPH)**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**HALFA ANDRI PASARIBU**  
**1907230019**



# **UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2024**

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Halfa Andri Pasaribu  
Npm : 1907230019  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Pengaruh Jumlah Sudu Kincir Air Terhadap Kinerja Kincir Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro (PLTPH)  
Bidang Ilmu : Konstruksi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada Program Studi teknik mesin, Fakultas teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera utara

Medan, 27 Maret 2024

Mengetahui dan menyetujui :

Dosen pembeding I



Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T.,

Dosen Pembimbing



Muhammad Yani S.T.,M.T

Dosen pembeding II



Khairul Umurani, ST., MT

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Chandra A.Siregar S.T.,M.T

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Halfa Andri Pasaribu  
Tempat / Tgl Lahir : Sorkam Kanan, 10 Oktober 1999  
NPM : 1907230019  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Jumlah Sudu Kincir Air Terhadap Kinerja Kincir Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro (Pltph)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul :

**“Pengaruh Jumlah Sudu Kincir Air Terhadap Kinerja Kincir Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro (Pltph)”**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain. Yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan investigasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik UMSU.

Medan, 27 Maret 2024

Saya yang menyatakan,



Halfa Andri Pasaribu

## ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan pada sebuah kincir air tipe pelton yang ada didesa tanjung rejo, dimana turbin ini berkapasitas pico hydro. Penelitian ini terfokus untuk menganalisa pengaruh jumlah sudu terhadap kincir air. Dimana jumlah sudu yang akan dibandingkan dengan jumlah 12, 14 dan 16. Data pendukung dalam menganalisa pengaruh sudu ini meliputi daya air, kecepatan air, volume air kemudian akan didapatkan efisiensi dari kincir air yang digunakan dari berbagai macam variasi sudu tersebut. Maka dari data informasi tersebut diperoleh hasil yang paling efektif dan efisien dari beberapa variasi sudu yang diterapkan pada turbin pelton pada saluran irigasi desa tanjung rejo. Dari penelitian yang telah dilakukan dengan 3 variasi jumlah sudu yaitu 12, 14, 16 setelah melakukan pengambilan data dan perhitungan analisis kinerja turbin didapat jumlah sudu 16 memiliki tingkat kinerja yang lebih maksimal dibandingkan variasi sudu yang lainnya. Dimana gaya yang dihasilkan sudu 16 adalah sebesar 33,51 N dengan torsi yang dihasilkan sebesar 16,75 Nm sehingga mempengaruhi nilai daya turbin menjadi sebesar 681,42 watt. Untuk keluaran generator turbin yang memiliki jumlah sudu 16 memiliki tingkat efisiensi yang lebih tinggi dari variasi sudu yang lain. Dimana jumlah sudu 16 ini memiliki tingkat efisien sebesar 46,99% sedangkan jumlah sudu 14 memiliki tingkat efisiensi sebesar 20,26% dan terkecil yaitu pada variasi jumlah sudu 12 dengan efisiensi sebesar 5,48%.

**Kata Kunci :** PLTPH, Turbin Air, Sudu Turbin, Kinerja Turbin

## **ABSTRACT**

*This research was carried out on a Pelton type water mill in the village of Tanjung Rejo, where the turbine has a pico hydro capacity. This research focuses on analyzing the effect of the number of blades on the water wheel. Where the number of blades will be compared with the number 12, 14 and 16. Supporting data in analyzing the influence of these blades includes water power, water speed, water volume and then the efficiency of the water wheel used will be obtained from the various variations of the blades. So from this information data, the most effective and efficient results were obtained from several variations of blades applied to the pelton turbine in the Tanjung Rejo village irrigation canal. From research that has been carried out with 3 variations in the number of blades, namely 12, 14, 16, after collecting data and calculating turbine performance analysis, it was found that the number of blades 16 has a maximum level of performance compared to other blade variations. Where the force produced by blade 16 is 33.51 N with a torque produced of 16.75 Nm, thus affecting the turbine power value to 681.42 watts. The turbine generator output which has 16 blades has a higher efficiency level than other blade variations. Where the number of 16 blades has an efficiency level of 46.99%, while the number of blades 14 has an efficiency level of 20.26% and the smallest is the variation in the number of blades 12 with an efficiency of 5.48%.*

**Keywords:** *PLTPh, Water Turbine, Turbine Blade, Turbine Performance*

## KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberiiikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh Jumlah Sudu Kincir Air Terhadap Kinerja Generator Pembangkit Lisrik Tenaga Air”. sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam meyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terima kasih yang tulus dan dalam kepada :

1. Bapak M. Yani, ST, MT., selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membantu dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Chandra A Siregar, ST, MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T., selaku Pembanding I dan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah membimbing dan mengarahkan penulisan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Khairul Umurani S.T., M.T selaku Dosen Pembanding II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulisan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Mesin dan Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberiiikan dan mengajarkan ilmunya kepada penulis.
6. Teristimewa untuk kedua orang tua penulis Ayahanda Alinafiah Pasaribu dan Ibunda Hajriana, terima kasih untuk semua dukungan serta kasih sayang yang tidak ternilai kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

7. Abang dan kakak penulis yaitu Idram Khalid Marbun, SE dan Rahwida Marbun SPd yang memberi semangat dan dukungan kepada penulis. Dan juga adik penulis yaitu Rifki Alfiansyah Pasaribu, Widya Hafriani Pasaribu yang memberi semangat dan dukungan kepada penulis.
8. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Mesin beserta seluruh mahasiswa/i Teknik Mesin stambuk 2019 yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.
9. Terakhir, penulis ingin berterima kasih kepada diri sendiri yang mana telah berhasil bertahan untuk melewati segala rintangan dan menyelesaikan tugas akhir ini.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua orang terutama bagi penulis dan teman-teman mahasiswa teknik mesin pada khususnya.

Medan, 27 Maret 2024



(Halfa Andri Pasaribu)

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>ABSTRAK</b>	i
<b><i>ABSTRACT</i></b>	ii
<b>KATA PENGANTAR</b>	iii
<b>DAFTAR ISI</b>	v
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Ruang Lingkup	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	4
2.1. Pembangkit Listrik	4
2.2. Jenis – Jenis Pembangkit Listrik	5
2.3. Prinsip Kerja Pembangkit Listrik	12
2.4. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)	13
2.4.1. Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air	13
2.4.2. Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Air	14
2.4.3. Keuntungan Menggunakan PLTA	14
2.4.4. Kekurangan Menggunakan PLTA	14
2.5. Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro	17
2.6. Kincir Air	19
2.6.1. Sudu ( <i>Blade</i> )	20
2.6.2. Potensi Air	21
2.6. Kinerja Kincir Air	22
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	25
3.1 Waktu dan Tempat	25
3.2 Bahan dan Alat	26
3.3 Bagan Alir Penelitian	30
3.4 Rancangan Alat Penelitian	31
3.5 Prosedur Pembuatan Alat	32



3.6 Proses Pembuatan	32
3.7 Langkah Prosedur Penelitian	33
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	34
4.1 Perancangan Kincir	34
4.2 Analisis Pengaruh Aliran Air	37
4.3 Analisis Kinerja Turbin	38
4.4 Pembahasan	42
<b>BAB 5 PENUTUP</b>	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	47
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>LEMBAR ASISTENSI</b>	
<b>SK PEMBIMBINGAN</b>	
<b>BERITA ACARA SEMINAR HASIL</b>	
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1 Ilustrasi Pembangkit Listrik	4
Gambar 2.2 Skema PLTA	6
Gambar 2.3 Skema PLT Angin	6
Gambar 2.4 Skema PLTU	7
Gambar 2.5 Skema PLTS	8
Gambar 2.6 Skema PLTP	9
Gambar 2.7 Skema PLTG	9
Gambar 2.8 Skema PLTD	10
Gambar 2.9 Skema PLTN	11
Gambar 2.10 Skema PLTO	12
Gambar 2.11 PLTA Menggunakan Kincir	13
Gambar 2.12 Proses PLT Picohydro	19
Gambar 2.13 Sudu Kincir Air	21
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	25
Gambar 3.2 Multitester	26
Gambar 3.3 Tacho meter	27
Gambar 3.4 Torque tester	28
Gambar 3.5 Flume	28
Gambar 3.6 Bagan Alir Penelitian	29
Gambar 3.7 Rancangan 16 Sudu	30
Gambar 3.8 Rancangan 16 Sudu	31
Gambar 3.9 Rancangan 16 Sudu	32
Gambar 3.10 Prosedur Penelitian	33
Gambar 4.1 Kincir Air 3D	35
Gambar 4.1 Peletakan Kincir	36
Gambar 4.1 Mengukur Panjang Aliran Air	36
Gambar 4.1 Mengukur Lebar Aliran Air	37
Gambar 4.1 Perbandingan RPM 3 Variasi sudu	40
Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Gaya	43
Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Torsi Turbin	44

Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Daya Turbin	45
Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Eff Turbin	46

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 3.1 Waktu Penelitian	25
Tabel 4.1 Data Rpm Turbin 3 variasi jumlah Sudu	39
Tabel 4.2 Kinerja Turbin 3 Variasi Jumlah Sudu	43

## DAFTAR NOTASI

<b>Simbol</b>	<b>Keterangan</b>	<b>Satuan</b>
V	Kecepatan	m/s
s	Jarak	M
t	Waktu	s
A	Luas	m <sup>2</sup>
P	Panjang	m
l	Lebar	m
Q	Debit Air	m <sup>3</sup>
Pa	Daya Air	Watt
$\rho$	Rho Air	m <sup>3</sup>
g	Grafitasi	m/s
H	Tinggi	m
F	Gaya	N
T	Torsi	Nm
Eff	Effisiensi	%

# **BAB 1 PENDAHULUAN**

## **1.1 Latar Belakang**

Energi listrik merupakan suatu energi yang dibutuhkan dalam keberberlangsungan hidup”manusia. Negara yang berkembang dilihat dari peningkatan dan perkembangan sektor industri dan peningkatan penggunaan listrik dalam masyarakat di negara tersebut. Diperkirakan setiap tahunnya, di Indonesia terjadi peningkatan dalam penggunaan listrik. “PT. PLN pada tahun 2010-2019 dalam Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) membutuhkan daya listrik 55.000 MW setiap tahunnya, dan daya listrik 5.500 MW adalah peningkatan rata-rata kebutuhan energi listrik setiap tahunnya.” PLN membangun total daya sebanyak 32.000 Mega Watt (MW) 57%, dan pengembang listrik swasta membangun sisanya sebesar 43% (S. Dhimas, 2018)

Kincir air adalah jenis turbin air yang paling kuno, sudah sejak lama digunakan oleh masyarakat. Teknologinya sederhana, material kayu dapat dipakai untuk membuat kincir air, tetapi untuk operasi pada tinggi jatuh air yang besar biasanya kincir air dibuat dengan besi. Kincir air bekerja pada tinggi jatuh yang rendah biasanya antar 0,1 - 12 meter, dengan kapasitas aliran yang berkisar antara 0,05 - 5 m<sup>3</sup> /s (Zulhijal, 2011)

Air yang mengalir mempunyai energi yang dapat digunakan untuk memutar roda turbin, karena itu pusat – pusat tenaga air dibangun di sungai dan didaerah pegunungan. Pusat tenaga air tersebut dapat dibedakan dalam 2 golongan, yaitu pusat tenaga air tekanan tinggi dan pusat tenaga air tekanan rendah. Aliran air yang jatuh dengan debit  $Q$  (m<sup>3</sup>/s) yang mengenai kincir atau turbin air akan menghasilkan daya. (Saefudin dkk, 2017)

Meningkatnya Potensi sumber daya manusia dan pembangkit listrik di daerah pedesaan, terlebih potensi air yang begitu melimpah, membuka peluang terhadap pengembangan pembangkit listrik tenaga air skala kecil yang disebut Pembangkit Listrik Tenaga Pikoidro (PLTPh). Pikohidro mendapatkan energi dari aliran air yang memiliki perbedaan ketinggian tertentu, tegangan yang dihasilkan generator juga bervariasi tergantung pada kecepatan aliran air (N. Alipan dkk, 2018)

Pembangkit listrik terbarukan merupakan pilihan terbaik untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dunia. Mengingat mahal dan langkanya energi minyak bumi yang selama ini selalu menjadi pilihan utama pada sistem pembangkitan energi listrik, untuk mengatasi hal tersebut maka dibutuhkan pembangkit listrik yang memanfaatkan energi terbarukan, salah satunya yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Piko-hidro (Daniel dkk, 2015)

Pembangkit Listrik Tenaga Piko-hidro adalah pembangkit yang diklasifikasikan sebagai pembangkit listrik berskala kecil dengan menghasilkan energi listrik kurang dari 5 kW. Pembangkitan tenaga air memiliki prinsip yaitu suatu bentuk dari perubahan tenaga, dalam hal ini tenaga air dengan debit dan ketinggian tertentu menjadi tenaga listrik, dengan memanfaatkan turbin dan generator untuk menghasilkan listrik. Prinsipnya pada PLTA skala piko-hidro, adalah dengan memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran sungai, kemudian aliran air nantinya akan menggerakkan sudu-sudu turbin, lalu turbin mentransmisikan putaran ke generator dan generator menghasilkan listrik (S. Sandy, 2016)

PLTPH adalah pembangkit listrik tenaga piko-hidro yang memiliki skala kecil memiliki kapasitas kurang dari 5 kW. Jika menginginkan energi listrik dari aliran air sungai, maka memerlukan suatu mekanisme untuk mengubah energi kinetik dan energi potensial dari aliran air sungai melalui kincir air. Kincir air ini merupakan alat yang berputar karena adanya aliran air dari sungai. Manfaat dari perputaran kincir untuk menggerakkan generator dan menghasilkan listrik (Dewatama dkk, 2018)

Kincir air berfungsi merubah energi air menjadi energi mekanik yang berupa putaran pada poros kincir (Henry et al., 2013). Kincir air memanfaatkan tinggi jatuh air  $H$ , dan kapasitas  $Q$ . Air yang masuk ke dalam dan keluar hanya tekanan atmosfer (Pudjanarsa & Nursuhud, 2013). Pada lokasi penelitian, kincir air berfungsi sebagai tambahan kebutuhan listrik atau penerangan jalan di daerah Setia Karya tanjung Selamat Kecamatan Medan Sunggal Kota Medan. Berdasarkan latar belakang di atas maka mengambil tugas akhir berjudul “Pengaruh Jumlah Sudu Kincir Air Terhadap Kinerja Kincir Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro”

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun identifikasi masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh variasi jumlah sudu terhadap daya keluaran generator?
2. Bagaimana pengaruh variasi jumlah sudu terhadap putaran dan torsi yang dihasilkan turbin?

## **1.3 Ruang Lingkup**

Adapun ruang lingkup pembahasan tugas akhir ini yaitu :

1. Penelitian ini dilaksanakan pada turbin air didesa tanjung rejo
2. Untuk menganalisa pengaruh variasi sudu pada turbin air tersebut.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini yaitu :

1. Untuk mendapatkan pengaruh variasi jumlah sudu terhadap daya keluaran generator yang paling efektif
2. Untuk menganalisa tingkat efisiensi turbin yang dipengaruhi jumlah sudu

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari studi yang dilaksanakan yaitu :

1. Menjadi acuan bagi rencana atau pelaksana dalam menentukan target pencapaian.
2. Penelitian ini dapat menambah wawasan dan mempertajam kemampuan untuk menganalisa bagi peneliti, sehingga dapat menjadi bekal dalam dunia kerja nantinya.

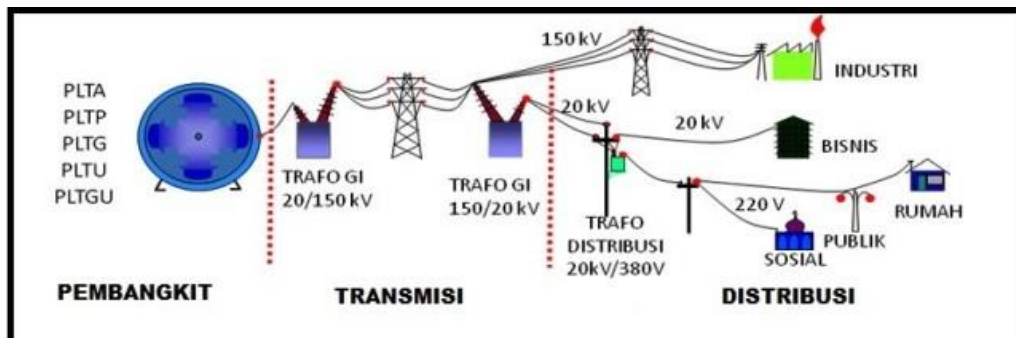


## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pembangkit Listrik

Pembangkit tenaga listrik adalah suatu alat yang bisa memproduksi atau menghasilkan energi listrik. Energi listrik tersebut dihasilkan dengan cara mengubah suatu energi tertentu menjadi energi listrik. Pada umumnya pada pembangkit listrik energi yang dihasilkan memiliki skala yang besar sehingga mampu memasok listrik ke berbagai daerah. Generator menjadi bagian utama dari pembangkit listrik. Yang mana generator merupakan mesin berputar yang berperan untuk mengubah energi mekanis menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip Medan magnet dan penghantar listrik.

Pembangkit listrik adalah bagian dari alat industri yang dipakai untuk memproduksi dan membangkitkan tenaga listrik dari berbagai sumber tenaga. Bagian utama dari pembangkit listrik adalah generator, yakni mesin yang berputar yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip medan magnet dan penghantar listrik. Mesin generator ini diaktifkan dengan menggunakan berbagai sumber energi yang sangat bermanfaat dalam suatu pembangkit listrik. Untuk menghasilkan listrik, maka diperlukan dengan tenaga listrik. Tenaga listrik adalah ilmu yang mempelajari konsep dasar kelistrikan dan pemakaian alat yang asas kerjanya berdasarkan aliran elektron dalam konduktor (arus listrik). Dalam teknik tenaga listrik dikenal dua macam arus. Pertama, arus searah dikenal dengan istilah DC (Direct Current). Kedua, arus bolak-balik dinamakan sebagai AC (Alternating Current). (Supardi M, 2008)



Gambar 2.1 Ilustrasi Pembangkit Listrik

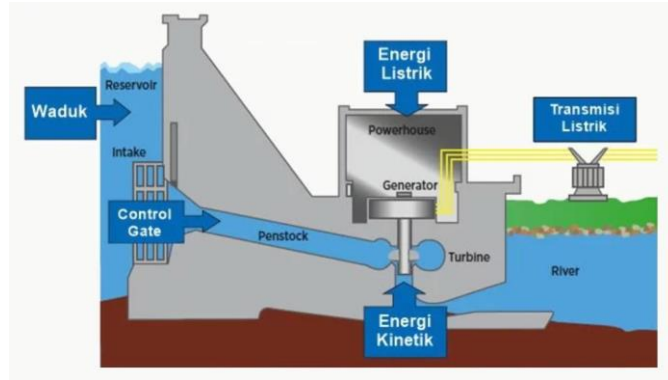
Gambar 2.1 merupakan skema pembangkit listrik mulai dari pembangkit hingga ke konsumen. Pembangkit listrik kapasitas besar biasanya menghasilkan daya listrik dengan tegangan 6-24 kV(kiloVolt), kemudian dinaikkan tegangannya di Gardu Induk oleh trafo step-up (penaik tegangan) menjadi 70 kV dan 150 kV untuk tegangan tinggi dan 500 kV untuk tegangan ekstra tinggi (TET). Dari gardu pembangkit, listrik akan dialirkan ke jaringan transmisi dengan tegangan yang sudah dinaikkan. Alasan menaikkan tegangan adalah untuk menurunkan arus agar meminimalisir loss daya. Tegangan 150 kV ini akan masuk ke industri skala besar. Selain langsung ke tegangan besar, tegangan ini masuk ke Gardu Induk untuk diturunkan menjadi 20 kV dan bisa langsung digunakan oleh industri skala menengah. Alur berikutnya adalah daya listrik dengan tegangan 20 kV dialirkan ke trafo distribusi (step-down) untuk diturunkan lagi menjadi 380 volt atau 220 volt. Tegangan 220 volt inilah yang masuk ke rumah kita dan dipergunakan untuk menyalakan listrik.

Energi terbarukan adalah sumber energi yang cepat dipulihkan kembali secara alami, dan prosesnya berkelanjutan. Energi terbarukan dihasilkan dari sumber daya energi yang secara alami tidak akan habis bahkan berkelanjutan jika dikelola dengan baik. Energi terbarukan kerap disebut juga sebagai energi berkelanjutan. (Turcotte, D. L.; Schubert, G, 2002)

## **2.2 Jenis – Jenis Pembangkit Listrik**

### **1. Pembangkit Listrik Tenaga Air**

Pembangkit listrik yang pertama adalah Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Energi air atau disebut dengan hydropower merupakan macam sumber energi yang dihasilkan dari kekuatan air. Kemudian, untuk menghasilkan energi ini biasanya dilakukan dengan membuat bendungan untuk menampung air. Air dalam bendungan tersebut kemudian digabungkan dengan pipa air yang diarahkan menuju turbin. Semakin banyak air yang mengalir pada turbin, energi yang dihasilkan akan semakin besar. Jadi, energi jenis ini sangat bergantung pada pasokan air yang ada. Pada umumnya, macam pembangkit listrik ini dipasang tepat di sebelah sumber air yang cukup besar seperti bendungan, waduk, atau sungai dengan aliran air yang cukup deras.



Gambar 2.2 Skema PLTA

## 2. Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Pembangkit yang satu ini memanfaatkan energi yang besar dari angin. Listrik dapat dihasilkan oleh pembangkit dengan menyimpan serta mengubah energi angin yang potensial. Biasanya, pembangkit listrik tenaga angin ini juga menggunakan turbin ataupun kincir angin untuk mengumpulkan energi angin ke dalam pembangkit listrik yang disediakan. Pembangkit listrik dipasang di wilayah yang memiliki potensi kekuatan angin yang cukup besar, seperti pantai hingga bukit yang landai. Beberapa negara di dunia yang dikenal baik dengan pembangkit listrik tenaga angin adalah Austria, Swiss, hingga Amerika Serikat.

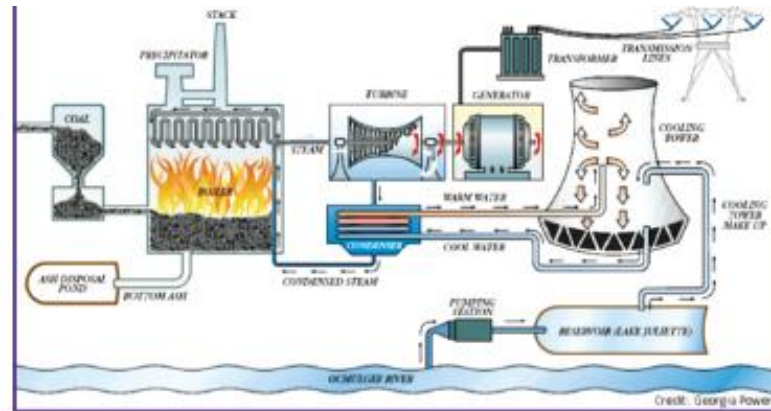


Gambar 2.3 Skema PLT Angin

## 3. Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Pembangkit listrik yang ketiga adalah pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Jenis pembangkit ini menggunakan energi uap dari hasil kinerja pompa air yang akan berkumpul dengan batu bara serta minyak. Hasil pemanasan yang bertujuan

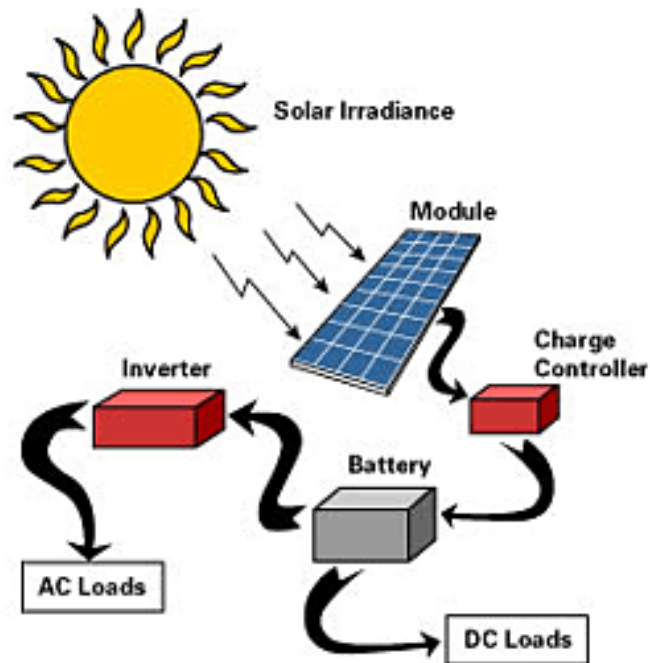
untuk mendapatkan suhu tinggi tersebut kemudian dibakar dan disemprotkan menjadi energi uap. Energi uap tersebut lantas akan menggerakkan turbin hingga berkumpul dan berpotensi untuk menjadi energi listrik yang disimpan pada generator. Namun, sebenarnya macam pembangkit listrik yang satu ini kurang dapat disebut sebagai penghasil energi listrik yang ramah lingkungan. Sebab, uap yang dihasilkan cukup berbahaya apabila terhirup oleh manusia.



Gambar 2.4 Skema PLTU

#### 4. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

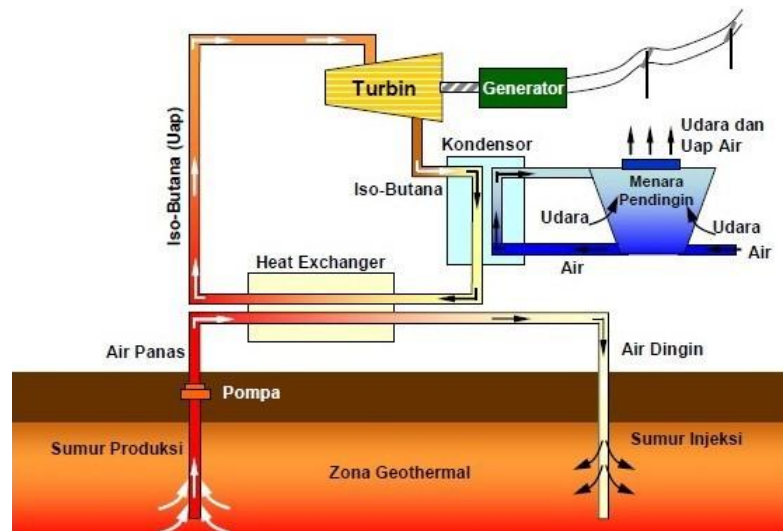
Pembangkit listrik yang satu ini dapat digolongkan sebagai energi yang ramah lingkungan, hemat, dan efektif. Pasalnya, sinar matahari sebagai sumbernya akan terus ada sepanjang masa. Tidak hanya itu, kelebihan dari pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) ini juga cenderung memiliki sumber energi yang kuat untuk menghasilkan listrik. Pembangkit ini menggunakan perlengkapan seperti panel surya untuk menangkap cahaya matahari yang berlimpah sepanjang hari. Pada umumnya, pembangkit listrik yang satu ini sudah banyak digunakan oleh masyarakat sebagai penunjang energi yang cukup ideal dan murah.



Gambar 2.5 Skema PLTS

### 5. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi

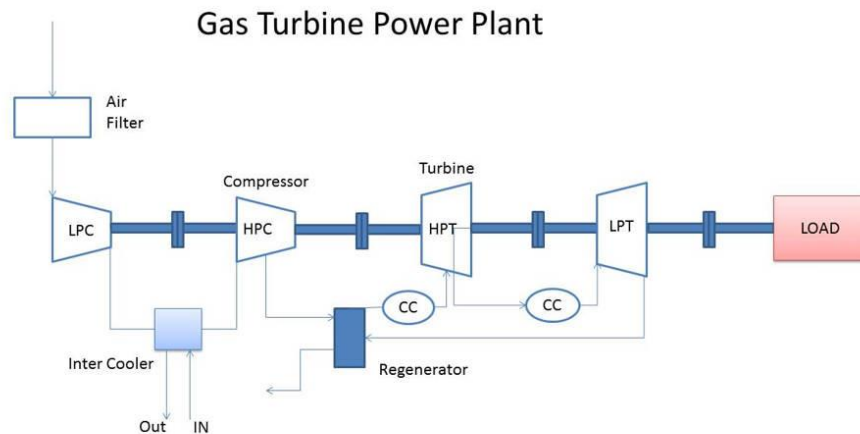
Pembangkit listrik yang satu ini memanfaatkan energi panas bumi yang juga cukup melimpah. Panas bumi yang ditangkap kemudian akan menghasilkan uap yang dapat menggerakkan generator. Generator yang mampu bergerak ini lantas mengubah energi yang dihasilkan oleh panas bumi menjadi energi listrik yang dapat digunakan untuk kehidupan sehari-hari. Biasanya, pembangkit listrik tenaga panas bumi ini terdapat di wilayah dataran tinggi seperti pegunungan ataupun kaki gunung. Hal ini dilakukan agar mendapatkan energi alam yang berkualitas tinggi.



Gambar 2.6 Skema PLTP

6. Pembangkit Listrik Tenaga Gas

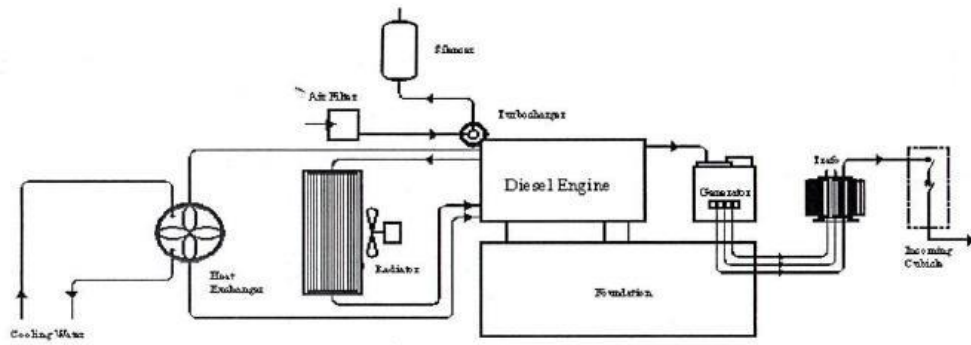
Pembangkit listrik berikutnya ini memanfaatkan bahan bakar fosil sebagai sumber energi. Beberapa bahan bakar fosil yang digunakan antara lain meliputi minyak, batu bara, hingga gas alam. Bahan bakar fosil tersebut kemudian dibakar bersama dengan gas dalam pembangkit listrik tenaga gas (PLTG). Hasil dari pembakaran tersebut kemudian disaring melalui filter udara khusus agar dapat masuk dan menggerakkan turbin atau generator. Sumber energi berupa gas tersebut diklaim memiliki tekanan yang cukup kuat guna menggerakkan turbin yang kemudian diubah menjadi energi listrik yang besar pula.



Gambar 2.7 Skema PLTG

7. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel

Pembangkit listrik yang satu ini memang tidak banyak dikenal lantaran sudah jarang digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Pasalnya, pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) ini menghabiskan biaya operasional yang cukup tinggi dan tidak ramah lingkungan.

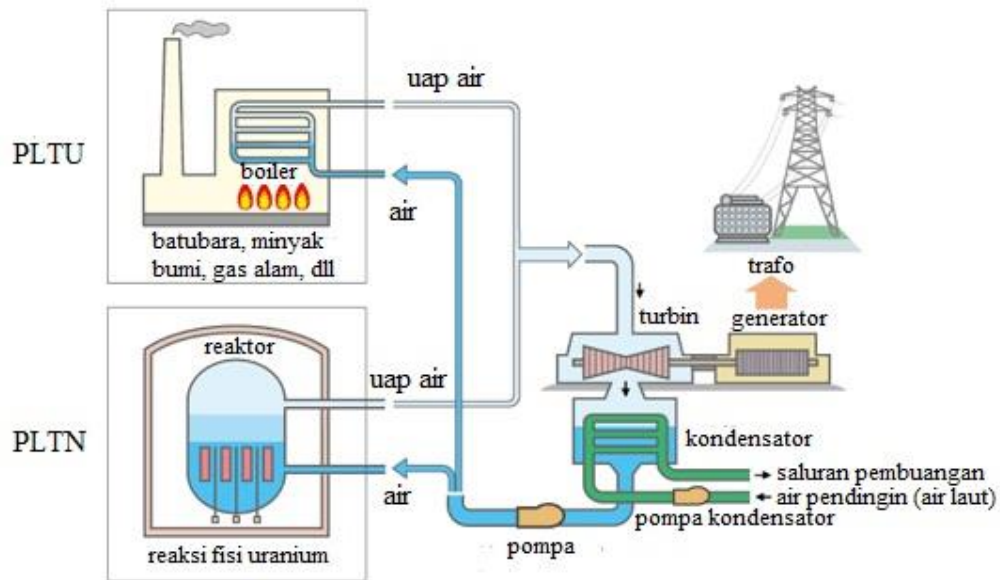


Gambar 2.8 Skema PLTD

Pembangkit listrik tenaga diesel yang diskemakan pada gambar 2.8 membutuhkan bahan bakar solar untuk menggerakkan turbin. Padahal, bahan bakar solar merupakan bahan bakar yang tidak dapat diperbarui serta cukup membutuhkan biaya yang tinggi. Setelah mampu bergerak menggunakan bahan bakar solar, maka mesin diesel akan memproduksi energi murni yang mekanis untuk menggerakkan turbin generator hingga menghasilkan daya listrik.

#### 8. Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir

Pembangkit listrik tenaga nuklir atau PLTN adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan reaksi pembelahan inti uranium dalam reaktor nuklir untuk menghasilkan panas. Dimana panas tersebut akan menghasilkan uap yang dialirkan ke turbin untuk menggerakkan generator sehingga menghasilkan energi listrik.



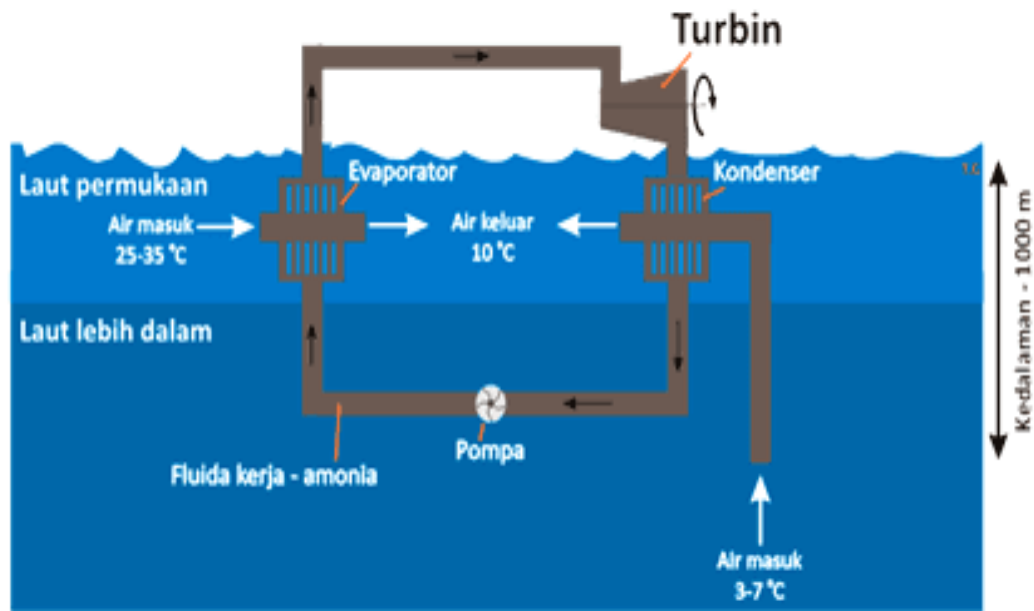
Gambar 2.9 Skema PLTN

Pada gambar 2.9 merupakan skema pembangkit listrik tenaga nuklir, PLTN merupakan salah satu pembangkit listrik yang ramah lingkungan. Sebab, pembangkit ini tidak menggunakan fosil seperti batubara, minyak dan gas. Telah kita ketahui bersama dampak dari fosil bisa menyebabkan hujan asam, pemanasan global dan membahayakan kesehatan manusia.

#### 9. Pembangkit Listrik Tenaga Ombak

Pembangkit listrik tenaga bak atau PLTO adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan ombak laut. Gerakan ombak laut yang menggulung serta naik turun merupakan sumber energi yang lumayan besar. Ombak memiliki kepadatan daya yang tinggi dan merupakan energi alternatif yang memungkinkan untuk menjadi sumber energi terbarukan. PLTO merupakan pembangkit listrik yang ramah lingkungan sebab dalam proses menghasilkan listrik tidak menghasilkan emisi





Gambar 2.10 Skema PLTO

Skema PLTO seperti pada gambar 2.10 merupakan pembangkit yang memanfaatkan energi ombak untuk memutar turbin. Kelebihan dari PLTO adalah menghasilkan Listrik yang cukup banyak, rendah emisi karbon, tidak menghasilkan limbah, Tidak membuang gas ataupun energi sisa. Namun dibalik kelebihan yaitu tingkat korosi yang tinggi, serta perbedaan ombak yang bergantung pada cuaca dan angin

### 2.3 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik

Pembangkit listrik atau lazimnya disebut power plant adalah suatu sistem yang terdiri dari turbin dan generator yang bekerja untuk memproduksi energi listrik. Jika turbin adalah suatu peralatan industri yang mengubah suatu bentuk energi menjadi energi kinetik/gerak, maka generator adalah suatu peralatan industri yang mengubah energi kinetik/gerak menjadi energi listrik. Turbin akan mengkonversi apakah itu minyak bumi, gas alam atau uap menjadi energi gerak. Kemudian, turbin akan dihubungkan ke generator, sehingga generator dapat bergerak sesuai dengan kecepatan putar (speed) yang diinginkan. Lalu generator yang berputar akan menghasilkan energi listrik, Arus listrik yang dihasilkan yaitu arus listrik searah atau biasa disebut DC (Direct Current)

## 2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah salah satu jenis pembangkit listrik yang menggunakan energi air sebagai sumber daya utamanya. PLTA mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik yang kemudian digunakan untuk menggerakkan turbin dan menghasilkan listrik



Gambar 2.11 PLTA Menggunakan Kincir

Gambar diatas menjelaskan skema PLTA, cara kerja PLTA pada dasarnya untuk mengubah energi air menjadi energi listrik. Air menjadi sarana potensial yang bisa digunakan untuk menggerakkan turbin, lalu air yang ada di bendungan akan turun ke dalam lubang untuk memutar turbin.

### 2.4.1 Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air

Berdasarkan dari daya listrik yang dihasilkan, pembangkit listrik tenaga air dibedakan menjadi 4 sebagai berikut :

1. Pico hydro yang menghasilkan 5 kW
2. Micro hydro yang menghasilkan 5-100 kW
3. Mini hydro yang menghasilkan daya di atas 100 kW, namun tetap di bawah 1MW

4. Bendungan/ dam/ large hydro dengan daya yang dihasilkan sebesar lebih dari 100 MW.

#### 2.4.2 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Air

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) merupakan pembangkit yang mengubah energi potensial air / (energi gravitasi air) menjadi energi listrik. mesin penggerak yang digunakan adalah turbin air untuk mengubah energi potensial air menjadi kerja mekanis poros yang memutar rotor generator untuk menghasilkan energi listrik. Air sebagai bahan baku PLTA dapat diperoleh dari sungai secara langsung disalurkan untuk memutar turbin, atau dengan cara ditampung dahulu (bersamaan dengan air hujan) dengan menggunakan kolam tando atau waduk sebelum disalurkan untuk memutar turbin.

Daya listrik yang dibangkitkan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut

$$P = K \cdot h \cdot K \cdot q \text{ [kW]} \quad (2.1)$$

Keterangan :

- P : Daya yang dihasilkan  
K : Konstanta (9,8)  
h : Efisiensi turbin bersama generator  
H : Tinggi terjun air  
q : Debit air (m<sup>3</sup>/s)

Dari cara memperoleh potensi air sebagai sumber energi, dibagi menjadi beberapa kategori yang meliputi :

1. PLTA run of river, dimana air dialihkan dengan menggunakan dam yang dibangun dengan memotong aliran sungai. Air dimasukkan melalui pipa pesat / saluran terbuka.
2. PLTA dengan kolam tando, dimana air dialirkan melalui saluran terbuka / tertutup dengan ditampung disuatu kolam terlebih dahulu sebelum dialirkan ke bangunan air PLTA.

3. PLTA Pasang surut, dimana pada saat air laut pasang, air laut memasuki bangunan sentral / kolam untuk memutar turbin, hingga kolam akan terisi air laut hingga permukaan air laut menjadi sama dengan kolam, pada saat air laut surut, permukaan air kolam tentunya lebih tinggi dari permukaan air laut, air kolam akan mengalir ke laut melalui bangunan sentral dan akan memutar turbin.
4. PLTA Kaskade, dimana dengan memanfaatkan ketinggian di sepanjang aliran air sungai yang sama. Jadi PLTA yang berada dibawah memanfaatkan air setelah digunakan oleh PLTA di atasnya, (sebagai contoh PLTA Saguling, Cirata dan Jati Luhur)

### **2.3.3 Keuntungan Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Air**

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) memiliki banyak keuntungan sebagai sumber energi terbarukan. Berikut adalah beberapa keuntungan utama dalam menggunakan PLTA sebagai berikut :

1. Energi Terbarukan  
PLTA menggunakan energi air yang terbarukan, seperti sungai, waduk, atau air terjun, yang berarti sumber energinya tidak terbatas dan dapat diperbaharui secara alami oleh siklus air. Ini membantu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil yang terbatas dan membantu menjaga ketersediaan energi dalam jangka panjang.
2. Ramah Lingkungan  
PLTA merupakan salah satu bentuk energi bersih karena tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca dan polusi udara lainnya. Penggunaan PLTA membantu mengurangi dampak negatif terhadap perubahan iklim dan lingkungan secara keseluruhan.
3. Biaya Operasional Rendah  
Setelah pembangunan selesai, biaya operasional PLTA cenderung rendah. Meskipun investasi awal dalam pembangunan PLTA bisa cukup besar, biaya operasionalnya relatif rendah karena energi yang digunakan berasal dari sumber alami yang gratis, yaitu air.
4. Stabilitas Pasokan Listrik

PLTA memberikan pasokan listrik yang stabil karena aliran air bisa diatur dan diprediksi dengan baik. Hal ini membantu mengurangi risiko pemadaman listrik yang disebabkan oleh fluktuasi pasokan energi.

5. Fleksibilitas Operasional

PLTA dapat dengan mudah diatur untuk mengatur produksi listrik sesuai dengan permintaan. Peningkatan atau penurunan produksi listrik dapat dilakukan dengan mengatur jumlah air yang mengalir ke turbin.

6. Sumber Listrik Desentralisasi

PLTA dapat dibangun di wilayah terpencil atau pedalaman, sehingga dapat menyediakan akses listrik yang lebih baik untuk komunitas yang terpencil atau terisolasi.

7. Pemanfaatan Multipurpose

Waduk yang dibentuk oleh PLTA dapat memiliki manfaat ganda, seperti irigasi untuk pertanian, penanganan banjir, pariwisata, dan aktivitas rekreasi air.

8. Umur Panjang

PLTA memiliki masa hidup yang relatif panjang dan dapat beroperasi selama beberapa dekade dengan perawatan yang tepat

#### **2.4.4 Kerugian Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Air**

Meskipun Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) memiliki banyak keuntungan, ada juga beberapa kerugian yang perlu diperhatikan dalam penggunaan teknologi ini. Beberapa kerugian PLTA antara lain :

1. Dampak Lingkungan

Pembangunan PLTA seringkali memerlukan pemindahan penduduk dan mengakibatkan kehilangan lahan yang luas. Bendungan yang dibangun juga dapat mengubah ekosistem sungai dan lingkungan sekitarnya. Perubahan aliran air dapat mempengaruhi ekosistem sungai, termasuk hewan dan tumbuhan yang bergantung pada pola aliran air yang asli.

2. Pengurangan Sumber Daya

Air Pembangunan waduk untuk PLTA dapat mengurangi ketersediaan air bagi pertanian, pemenuhan kebutuhan air bersih, dan ekosistem air

di hilir waduk. Hal ini dapat menyebabkan dampak negatif pada pertanian dan lingkungan di wilayah yang terdampak.

3. Banjir dan Pencemaran

Pengaturan aliran air oleh bendungan dapat menyebabkan banjir di hilir waduk ketika debit air tiba-tiba dilepaskan. Selain itu, waduk juga dapat menjadi penampung sedimen dan polutan, yang berpotensi menyebabkan pencemaran air.

4. Risiko Kegagalan Struktur

Adanya risiko kerusakan atau kegagalan pada struktur bendungan atau peralatan PLTA dapat menyebabkan bencana alam dan ancaman bagi keselamatan masyarakat yang tinggal di sekitar daerah tersebut.

5. Perubahan Pola Iklim

Pembangunan PLTA dapat menyebabkan perubahan mikro iklim di sekitar waduk, karena perubahan luas dan kedalaman air. Hal ini dapat mempengaruhi tanaman, hewan, dan manusia yang tinggal di sekitar waduk.

6. Biaya dan Investasi Awal

Pembangunan PLTA memerlukan biaya dan investasi awal yang besar. Meskipun biaya operasionalnya rendah setelah pembangunan selesai, investasi awalnya bisa menjadi kendala terutama di daerah dengan sumber daya finansial yang terbatas.

7. Ketergantungan pada Faktor Alam

Efisiensi PLTA sangat tergantung pada curah hujan dan debit air yang stabil. Perubahan pola cuaca atau perubahan iklim dapat mempengaruhi ketersediaan air dan performa PLTA.

## **2.5 Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro**

Pembangkit listrik tenaga pico hydro adalah suatu pembangkit yang dapat menghasilkan energi listrik kurang dari 5 kW. Pembangkit listrik tenaga air skala piko pada prinsipnya memanfaatkan b. Pembangkit listrik tenaga air skala piko pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang

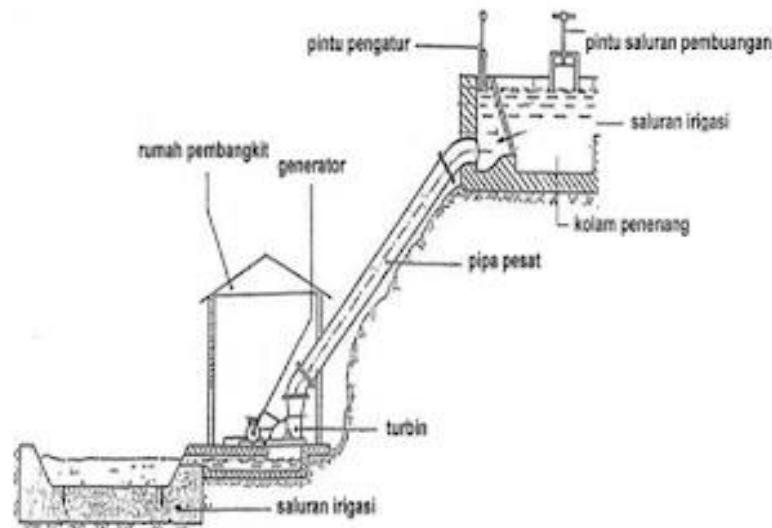
ada pada aliran sungai.ada ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran sungai atau irigasi. Pembangkit listrik pico hydro mengacu pada pembangkit listrik dengan skala di bawah  $< 5$  kW. (Jamaludin J, 2018)

Picohydro adalah jenis pembangkit listrik tenaga air dengan kapasitas kecil, sehingga berimplikasi pada relatif sederhananya peralatan yang digunakan. Keunggulan picohydro yaitu tidak menimbulkan kerusakan lingkungan, Picohydro dirancang menghasilkan daya terbangkit 100W-5kW dan memanfaatkan potensi tenaga air dengan head yang rendah sebagai tenaga penggerakannya. (Risnandar dkk, 2011).

Pembangkit listrik tenaga piko hidro memiliki beberapa keunggulan diantaranya :

1. Biaya pembuatannya relatif murah.
2. Bahan-bahan pembuatannya mudah ditemukan di pasaran.
3. Ramah lingkungan karena tidak menggunakan bahan bakar fosil.
4. Pembangunannya dapat dipadukan dengan pembangunan jaringan irigasi.
5. Perkembangan teknologinya relatif masih sedikit, sehingga cocok digunakan dalam jangka waktu yang lama.
6. Tidak membutuhkan perawatan yang rumit dan dapat digunakan cukup lama.
7. Ukurannya yang kecil, cocok digunakan untuk daerah pedesaan yang belum terjangkau jaringan aliran listrik PLN.

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



Gambar 2.11 Proses PLT Picohydro

Pada gambar 2.11 dapat dilihat skema pembangkit listrik tenaga picohydro yang memanfaatkan ketinggian jatuh air untuk memutar turbin dan memutar generator untuk menghasilkan energi listrik. Dimana titik air dilakukan bendungan untuk dapat mengatur debit air yang diinginkan jatuh untuk memutar turbin.

## 2.6 Kincir Air

Kincir air adalah peralatan mekanis berbentuk roda dengan sudu (bucket atau vane) pada sekeliling tepi- tepinya yang diletakkan pada poros horizontal. Kincir air memanfaatkan selisih ketinggian alamiah dari permukaan sungai kecil. Air yang masuk ke dalam dan keluar kincir tidak mempunyai tekanan lebih (over pressure).

Bagian ini digunakan untuk merubah energi air yang mengalir menjadi energi kinetis dalam bentuk energi putaran, semakin besar air yang memutar kincir semakin besar momen energi putar yang didapat. Tentunya disamping volume air juga tekanan air yang jatuh mempercepat putaran kincir sehingga momen putaran akan makin besar, diharapkan mampu memutar puli – puli yang dihubungkan dengan tali kipas (vent belt) untuk memutar generator.

Ada tiga tipe kincir air dari bagaimana air dimanfaatkan, antara lain :



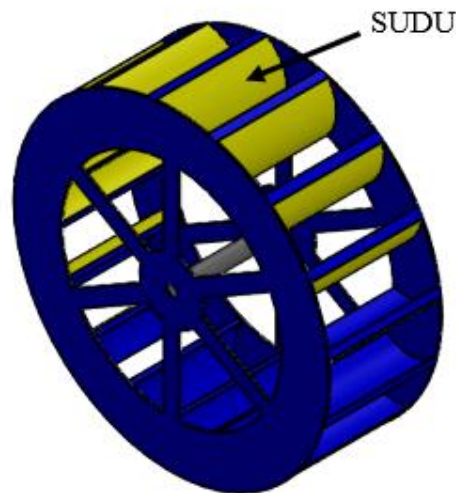
1. Overshot Wheel : kincir air dimana posisi disalurkan air ke roda bagian atas kincir. Pada kincir air model ini ketinggian air (H) harus lebih besar dari diameter roda. Kincir air jenis ini, perbedaan ketinggiannya antara 2,5 – 10 m dan debit air (Q) antara 0,1 – 0,2 m<sup>3</sup> /s per m lebar.
2. Breast wheel : kincir air dimana posisi disalurkan air ke dalam roda sejajar dengan poros kincir (breast). Kincir air jenis ini perbedaan ketinggiannya antara 1,5 – 4 m dengan debit air (Q) antara 0,35 – 0,65 m<sup>3</sup> /s per m lebar.
3. Undershot wheel : kincir air dimana posisi disalurkan air ke dalam roda pada bagian bawah dari kincir. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.10. Beda ketinggian permukaan air pada jenis kincir ini rendah. Perbedaan ketinggian dari kincir jenis ini antara 0,5 – 2,5 m dengan debit air (Q) antara 0,5 – 0,95 m<sup>3</sup> /s per m lebar.

Prinsip kerja kincir air yaitu Air mengalir dengan kecepatan tertentu sehingga menghasilkan gaya dorong dan kincir berputar searah dengan gaya dorong air. Dengan adanya tambahan rangkaian dan generator maka kincir air yang berputar dapat menggerakkan generator sehingga mekanik di ubah menjadi energi listrik, Generator di hubungkan langsung dengan lampu akan menyala apabila kincir air berputar.

### **2.6.1 Sudu (*Blade*)**

Sudu kincir air terbuat dari pelat logam, namun sebagian besar kincir air terbuat dari kayu. Tepi roda mendapatkan daya yang terjadi karena pengaruh air pada bidang atau massa tepi roda. Jika ujung yang runcing dipasang pada tepi roda, pengaruh daya pada massa roda akan menimbulkan daya yang akan membuat roda berputar di titik tengah. Kemudian, pada saat itu, energi mesin berubah menjadi energi mekanik sebagai poros.

Pada penelitian variabel sudu yang digunakan yaitu sudu 12, sudu 14 dan sudu 16 untuk mengetahui pengaruh jumlah sudu terhadap kinerja kincir



Gambar 2.12 Sudu Kincir Air

Pada gambar 2.12 merupakan gambaran dari sebuah kincir air, dimana kincir air tersebut jenis turbin pelton. Sudu berfungsi sebagai penangkap tekanan air agar turbin dapat bergerak berdasarkan nilai debit air yang mengalir. Jenis sudu dan tipe sudu sangat mempengaruhi gaya gerak turbin, karna gaya yang diterima turbin berdasarkan sudu yang ada dan debit air yang mengalir pada saluran

### 2.6.2 Potensi Air

Air yang mengalir mempunyai energi yang dapat digunakan untuk memutar roda turbin, karena itu pusat – pusat tenaga air dibangun di sungai dan didaerah pegunungan. Pusat tenaga air tersebut dapat dibedakan dalam 2 golongan, yaitu pusat tenaga air tekanan tinggi dan pusat tenaga air tekanan rendah. Aliran air yang jatuh dengan debit  $Q$  ( $m^3/s$ ) yang mengenai kincir atau turbin air akan menghasilkan daya. (Saefudin dkk, 2017)

Dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H \quad (2.2)$$

Keterangan :

$P$  : Daya (Watt)

$\rho$  : Kerapatan air ( $Kg/m^3$ )

$Q$  : Debit air ( $m^3/s$ )

$g$  : Gravitasi bumi ( $m/s^2$ )

H : Ketinggian air (m)

## 2.7 Kinerja Kincir

Menurut penelitian yang pernah dilakukan (Sule, 2015) dengan judul “Kinerja Yang Dihasilkan Oleh Kincir Air Arus Bawah Dengan Sudu Berbentuk Mangkok”. Kinerja kincir air dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

1. Kecepatan aliran air

$$V = \frac{s}{t} \text{ (m/s)} \quad (2.3)$$

Keterangan :

V : Kecepatan aliran air (m/s)

S : Jarak atau panjang saluran (m)

T : Waktu (s)

2. Debit air

Debit air adalah jumlah volume air yang mengalir persatuan waktu dapat diperoleh dengan persamaan ( Wibowo, 2002 )

$$Q = v \cdot A \text{ (m}^3\text{/s)} \quad (2.4)$$

Keterangan :

Q : Debit air (m<sup>3</sup>/s)

V : Kecepatan air

A : Luas penampang aliran air

3. Kecepatan putaran kincir

Bisa juga menggunakan tacho meter

$$n = \frac{60 \cdot v}{\pi d} \text{ (rpm)} \quad (2.5)$$

Keterangan :

V : Kecepatan air yang mengalir (m/s)

D : Diameter kincir air (m)

4. Torsi

Torsi kincir dapat dihitung dengan persamaan ( Streeter, Victor.L and Wylie, E. Benjamin, 1996 )

$$T = F \cdot r \text{ (Nm)} \quad (2.6)$$

Keterangan :

T : Torsi

F : Gaya (N)

R : Jari – jari kincir (m)

5. Daya air

$$P_{air} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^2 \text{ (m/s)} \quad (2.7)$$

Keterangan :

$\rho$  : Densitas air (kg/m<sup>3</sup>)

A : Luas (m<sup>2</sup>)

V : Kecepatan (m/s)

6. Daya kincir

Pada umumnya perhitungan untuk menghitung daya kincir dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$P_{kincir} = T \times \frac{\pi n}{30} \text{ (Watt)} \quad (2.8)$$

Keterangan :

T : Torsi (Nm)

n : Putaran kincir (rpm)

7. Daya Listrik

$$P_e = V \times I \text{ (Watt)} \quad (2.9)$$

Keterangan :

$P_e$  : Daya listrik (Watt)

V : Tegangan (V)

I : Arus (A)

8. Efisiensi

$$\eta = \frac{P_{kincir}}{P_{air}} \times 100 (\%) \quad (2.10)$$

Keterangan :

$\eta$  : Efisiensi (%)

$P_{kincir}$  : Daya kincir (Watt)

$P_{air}$  : Daya air (Watt)

## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

#### 3.1.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Jln. Setia Karya tanjung Selamat Kecamatan Medan Sunggal Kabupaten Deli Serdang .



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

#### 3.1.2 Waktu Penelitian

Untuk waktu penelitian yang dilakukan adalah pada saat jam kerja efektif yaitu jam 08.00 – 16.00 WIB. Adapun data yang diperoleh berupa data primer dan data sekunder.

No	Keterangan	Waktu					
		1	2	3	4	5	6
1	Studi Literatur						
2	Pembuatan Alat dan Pembimbingan						
3	Pengambilan Data dan Analisa						
4	Seminar Hasil						
5	Sidang Sarjana						

### 3.2 Bahan dan Alat

#### 1. Multitester

Multitester digital digunakan untuk mengukur tegangan, *ampere* yang di hasilkan dari *output* generator. Maka dengan multitester kita dapat mengetahui seberapa besar tegangan DC yang di hasilkan oleh generator setelah mengalami perubahan dari tegangan AC menjadi tegangan DC yang di hasilkan.



Gambar 3.5 Multitester

#### 2. Tacho Meter

Tachometer sebagai media alat ukur kecepatan rotasi yang di hasil kan dari putaran kincir air untuk memutar generator agar dapat mengetahui seberapa besar kecepatan putaran saat adanya beban atau pun tanpa ada nya beban dari putaran generator



Gambar 3.6 Tacho meter

### 3. Torque tester

Torque tester (atau torque meter) adalah suatu alat ukur dan inspeksi yang digunakan dalam pengujian dan kalibrasi alat yang dikontrol oleh torsi.

Torsi sendiri merupakan ukuran gaya yang dapat menyebabkan suatu benda berputar pada porosnya. Dengan pengujian torsi (torque testing), Anda dapat mengetahui bagaimana suatu objek bereaksi ketika sedang diputar, baik secara normal maupun hingga gagal atau rusak.

Torque tester (torque gauge) merupakan alat pengukur torsi yang berfungsi untuk menguji torsi atau kekuatan yang diperlukan untuk membuka dan menutup sebuah penutup, sekrup dari berbagai wadah, seperti kosmetik, produk medis, dan



minuman, serta kekuatan pengencangan katup seperti katup keran, tuas atau pegangan pintu, dan lain sebagainya.



Gambar 3.7 Torque tester

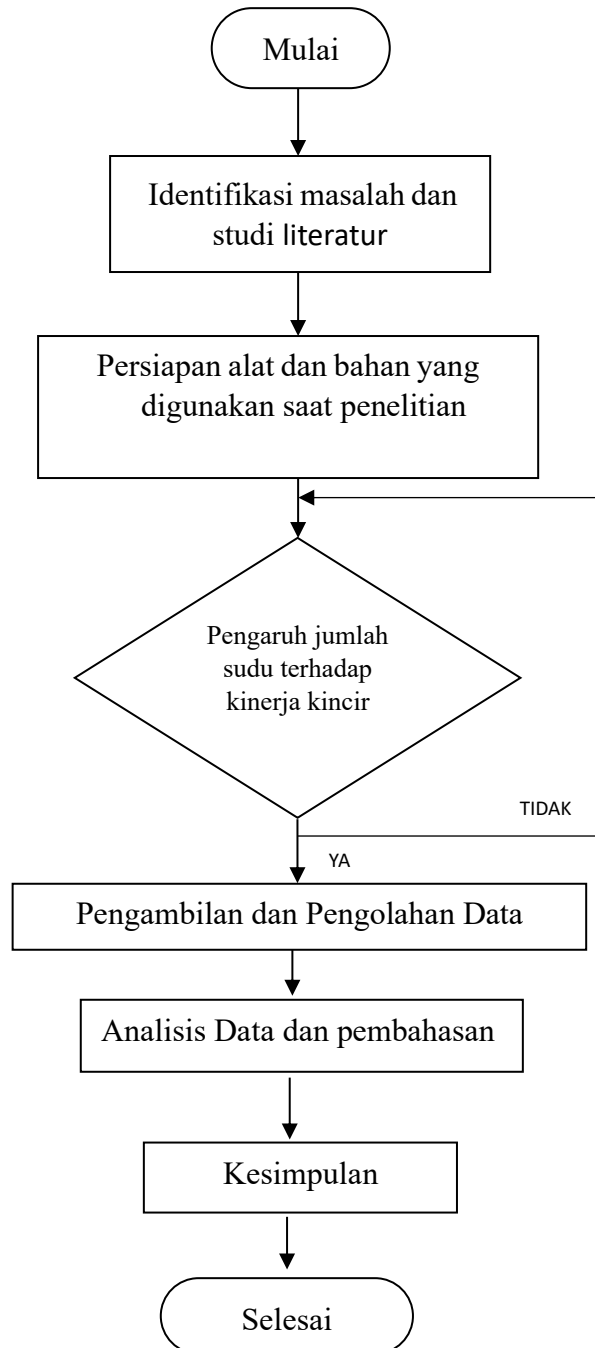
#### 4. Flume

Flume adalah cara yang akurat dan efektif untuk mengukur laju aliran dalam aplikasi aliran saluran terbuka. Semua Flumes bekerja dengan mengukur seberapa banyak air naik sebelum terjadi halangan (flume) dengan dimensi dan bentuk yang diketahui. Flume mirip dengan bendung, tetapi tidak membuat perubahan yang begitu besar di head hulu.



Gambar 3.8 Flume

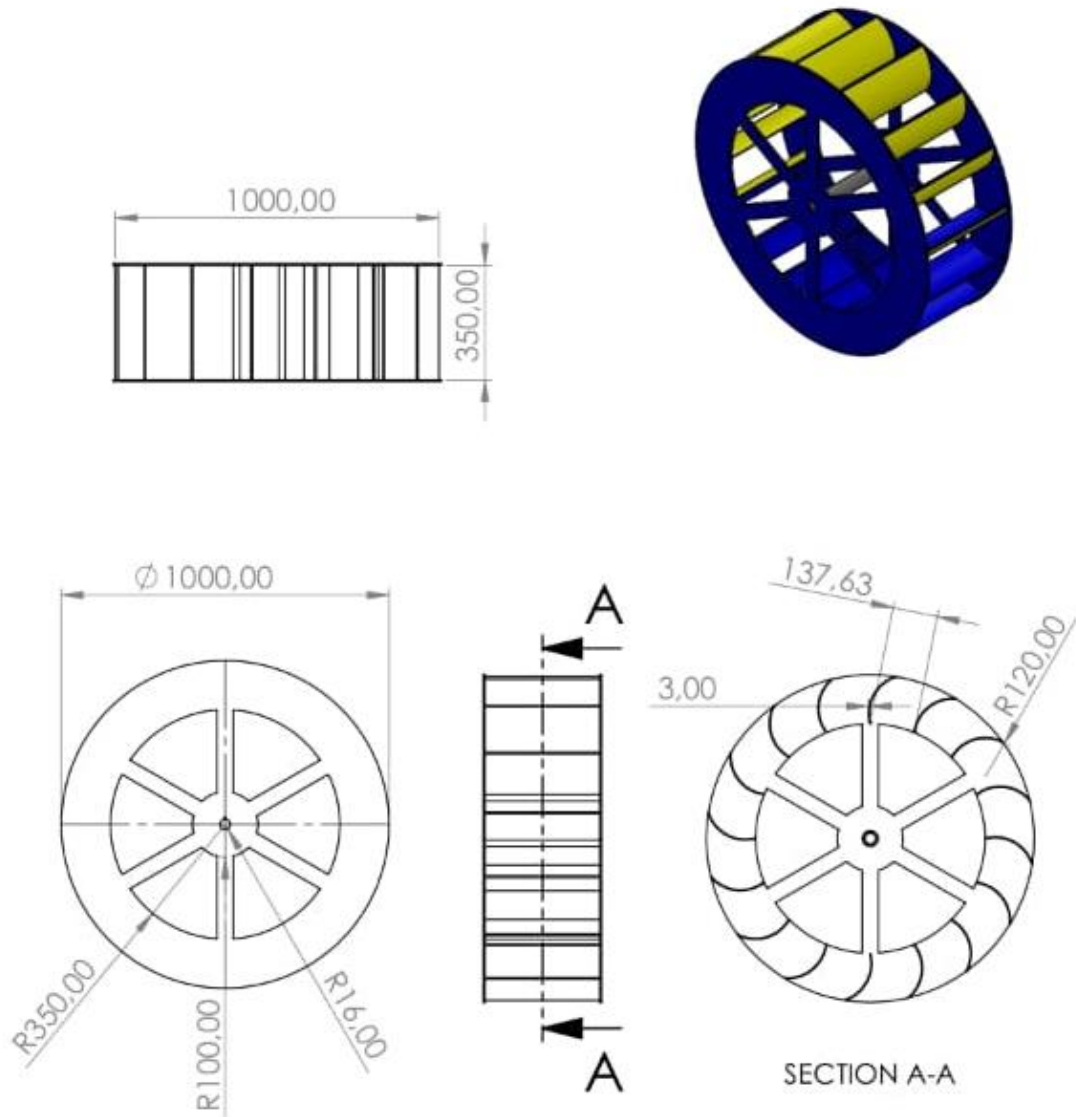
### 3.1 Bagan Alir Penelitian



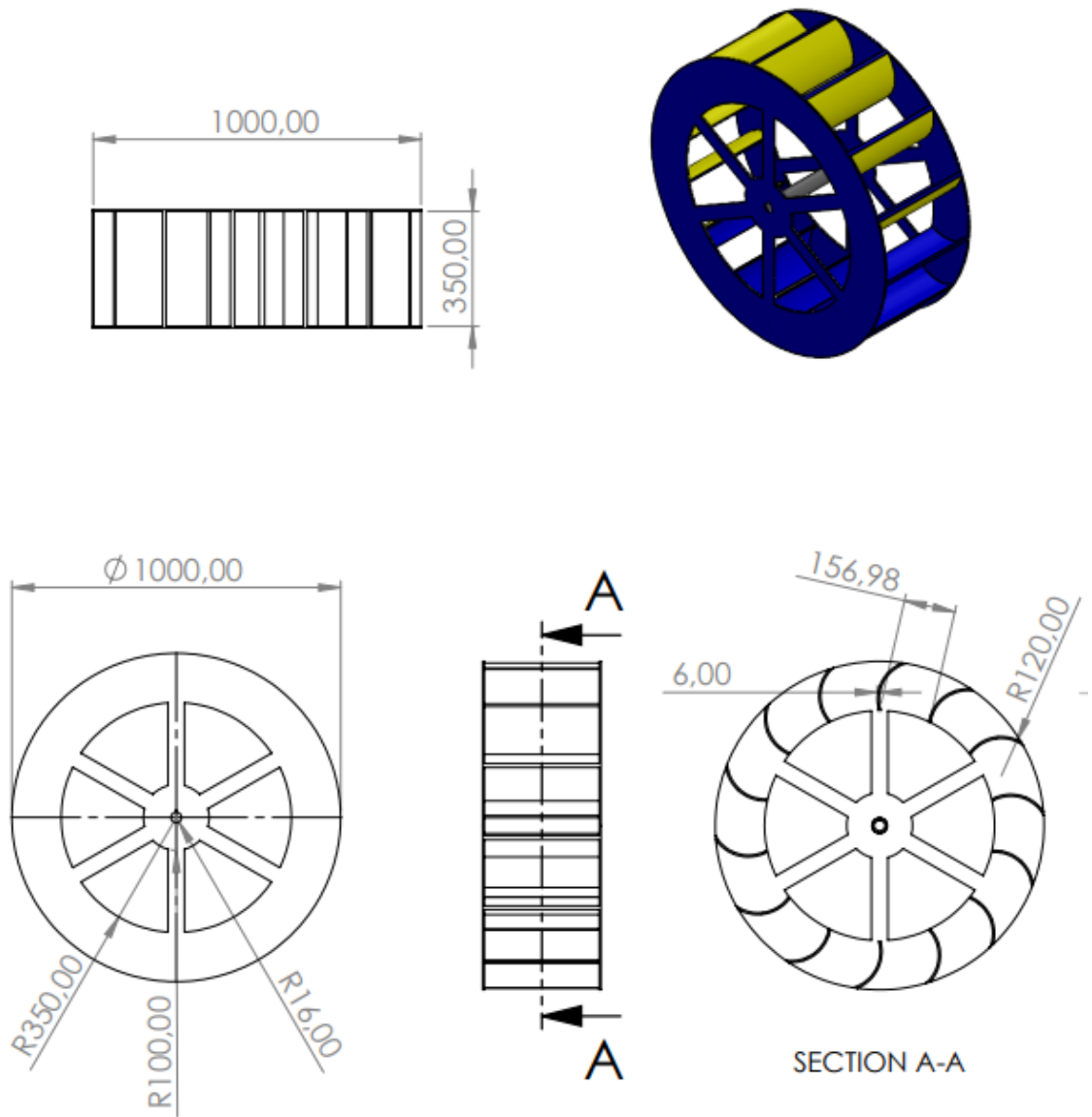
Gambar 3.9 Bagan Alir Penelitian

### 3.3 Rancangan Alat Penelitian

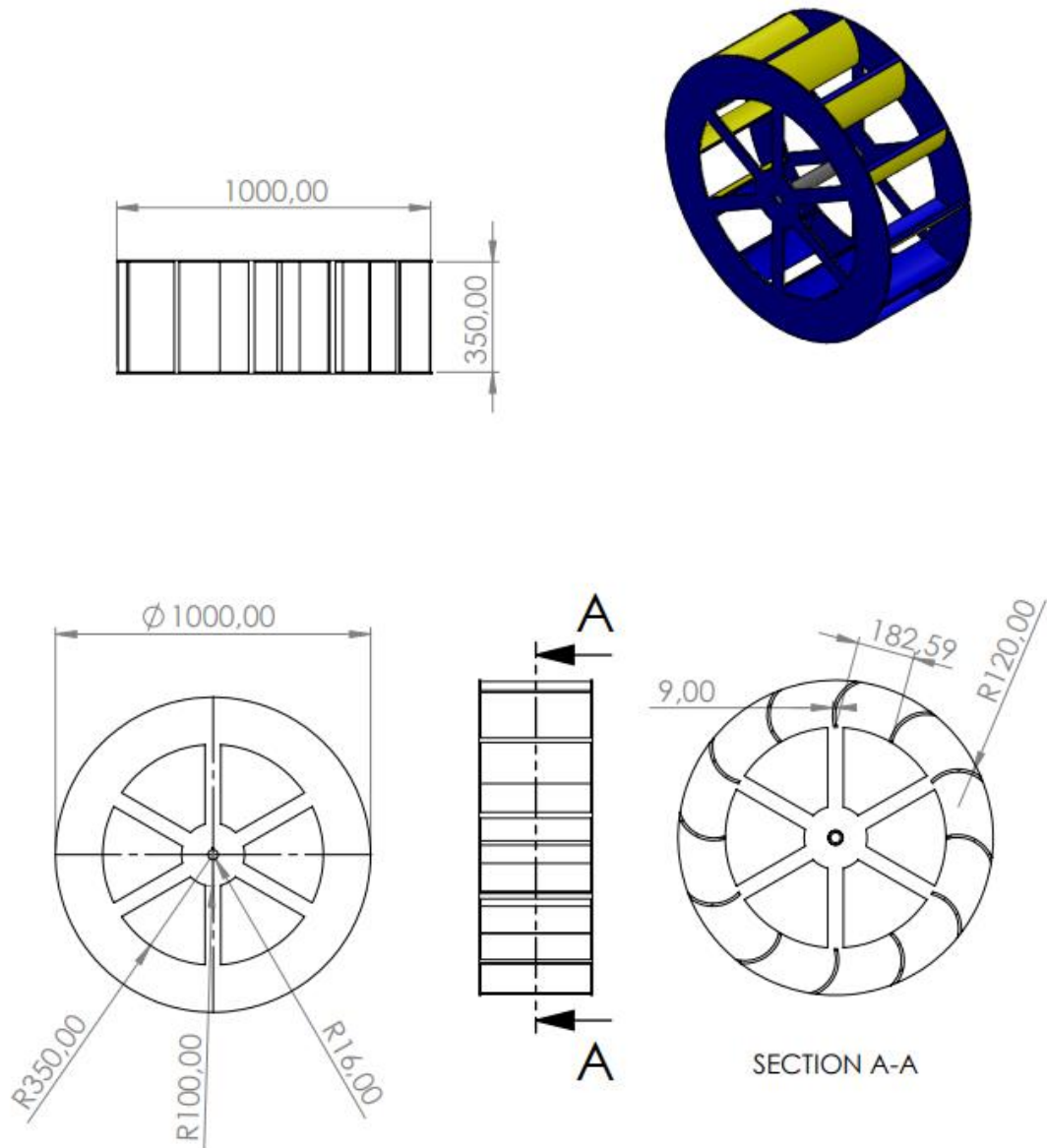
Pada kincir air tipe backshot memiliki beberapa komponen, dan komponen tersebut digambarkan pada sebuah desain awal yang akan digunakan untuk penelitian. Desain dibuat seakurat mungkin agar dapat menjelaskan kondisi saat kincir bekerja. Berikut rancangan alat penelitian :



Gambar 3.10 Rancangan 16 Sudu



Gambar 3.11 Rancangan 14 Sudu

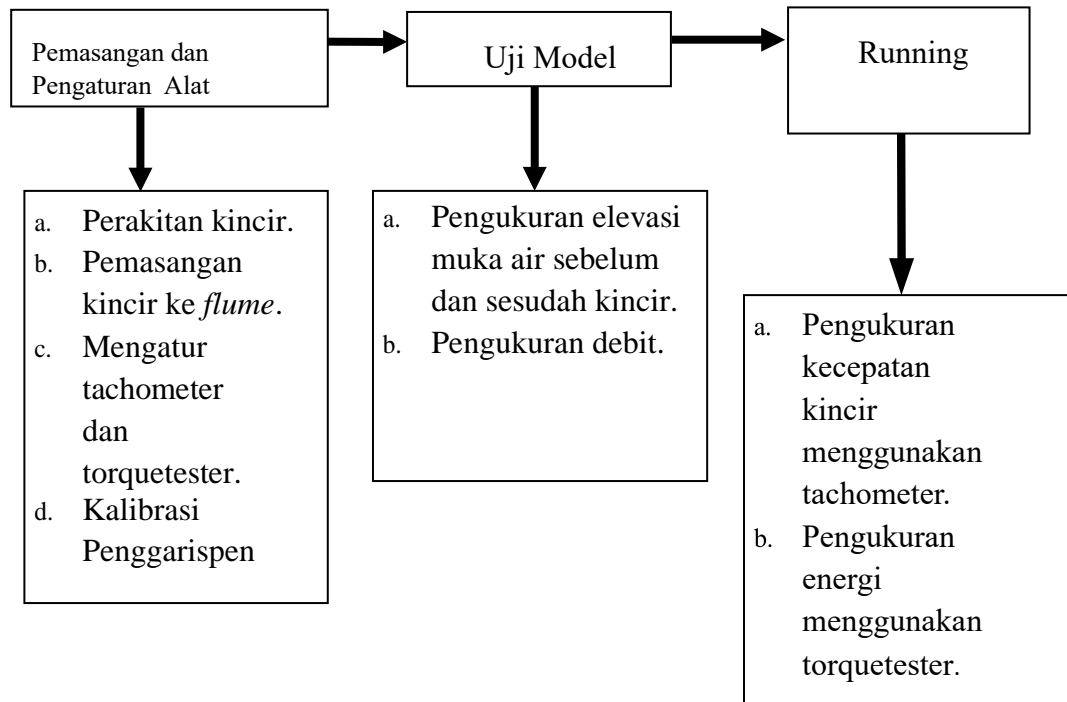


Gambar 3.12 Rancangan 12 Sudu

Gambar – gambar diatas menggambarkan tentang skema rancangan kincir air dan siklus air dengan variasi sudu 16, 14 dan 12. Siklus air yang terjadi mulai dari kincir air yang aliran air pendorongnya menabrak sudu pada bagian bawah kincir. Memanfaatkan debit air yang rendah di saluran irigasi, kincir air menghasilkan energi listrik dengan bantuan generator.

### 3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar3.13 ProsedurPenelitian

### 3.5 Proses pembuatan

#### 3.5.1 Persiapan

Tahap persiapan yang dilakukan saat penelitian adalah:

1. Persiapan alat dan bahan yang akan digunakan pada penelitian.
2. Pemasangan variasi sudu dan bahan sesuai dengan kegunaan dan fungsinya pada saat penelitian.

#### 3.5.2 Pengujian

Tahap pengujian yang dilakukan saat penelitian adalah:

1. Parameter arus (A) dan parameter tegangan (V)
2. Parameter putaran kincir (rpm)
3. Pencatatan data – data antara lain; putaran generator, tinggi aliran air pada tegangan listrik dan arus listrik dengan parameter yang

divariasikan saat penelitian adalah jumlah sudu (12, 14 dan 16 sudu) dan pergerakan sudu (sudu berengsel dan sudu tetap).

4. Memastikan setiap komponen terinstalasi dengan baik dan benar, hal ini dimaksudkan agar pengambilan data sesuai dengan yang diharapkan.
5. Pengukuran kecepatan aliran air irigasi dengan menggunakan flowwatch kemudian mencatat hasilnya.
6. Pengukuran putaran kincir dengan menggunakan tachometer kemudian mencatat hasilnya.
7. Pengukuran putaran generator dengan menggunakan tachometer kemudian mencatat hasilnya.
8. Mencatat arus dan tegangan yang dihasilkan kincir sesuai dengan tampilan multimeter.

### **3.6 Langkah Prosedur Penelitian**

Langkah–langkah yang dilakukan saat pengujian:

1. Pembukaan *disk* turbin dilakukan pada *disk* yang kemunculan poros turbinnya pendek. Sebelum lempengan *disk* tersebut ditarik dari porosnya, dilakukan pelepasan baut pengunci engsel sudu.
2. Dilakukan pengambilan sudu satu per satu untuk memvariasikan jumlah sudu yang dipasang pada *disk* dengan posisi yang mengelilingi poros turbin (rotor).
3. Untuk memvariasikan gerakan engsel sudu tetap dan sudu berengsel, dilakukan pengencangan baut pengunci engsel sudu agar diperoleh gerakan sudu yang tetap.

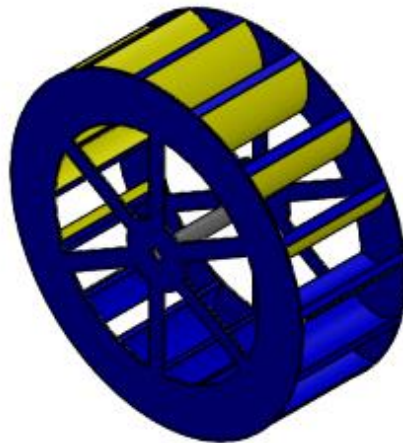
## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Perancangan Kincir

Pengujian menggunakan kincir air dengan perbedaan jumlah kincir dan didapat hasil sebagai berikut :

#### 1. Desain Kincir

Pada Gambar 4.1 yaitu desain kincir air dan dibedakan jumlah sudu. Jumlah sudu yang digunakan pada penelitian ini yaitu sudu 12, sudu 14, sudu 16 dengan diameter kincir 100 cm dengan ukuran sudu panjang 12 cm dan lebar 35 cm



Gambar 4.1 Kincir Air 3D

#### 2. Data Pengujian

Pada Gambar 4.2 pintu masuk air dengan tinggi air 66 cm, Panjang 420 cm dan lebar 86 cm. Sedangkan pada Gambar 4.3 yaitu posisi letak kincir.





Gambar 4.3 Peletakan Kincir

Pada gambar 4.4 yaitu mengukur panjang aliran air dan pada gambar 4.5 mengukur lebar aliran air untuk mempermudah dalam menghitung kinerja kincir



Gambar 4.4 Mengukur Panjang Aliran Air



Gambar 4.5 Mengukur Lebar Aliran Air

Setelah kincir terpasang selanjutnya tahap pengujian dan pengambilan data, Data yang diambil yaitu putaran kincir menggunakan tachometer seperti yang terlihat pada gambar 4.6 dan laju aliran menggunakan metode jarak/waktu. Data pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1

#### 4.2. Analisis Pengaruh Aliran Air

Untuk menguji kinerja dari kinerja turbin dengan variasi sudut 12, 14 dan 16, maka dilakukan pengambilan data yang mencakup data kecepatan air, data luas aliran air dan perhitungan daya air. Diketahui pada pengambilan data air dilakukan dengan metode pelampung dengan panjang aliran 1,2 m dan waktu yang ditempuh pelampung adalah 0,63 s. Maka dapat diketahui kecepatan aliran air dengan persamaan (2.3) yaitu

$$\begin{aligned} V &= s/t \\ &= 1.2 / 0,63 \\ &= 1,98 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui debit alir yang ada pada saluran irigasi, Diketahui spesifikasi irigasi pada tempat pemasangan turbin adalah sebagai saluran irigasi berbentuk persegi panjang. Dimana panjang (P) diketahui adalah 1,3 m dan Lebar

(l) diketahui 0,5 m. maka dapat diketahui luas saluran air yang mengalir pada saluran irigasi adalah :

$$\begin{aligned} \text{Luas (A)} &= P \times l \\ &= 1,3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \\ &= 0,39 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Maka dari Luas saluran irigasi dan kecepatan air yang mengalir dapat diketahui debit air pada saluran irigasi dengan persamaan :

$$\begin{aligned} Q &= V \times A \\ &= 1,98 \text{ m/s} \times 0,39 \text{ m}^2 \\ &= 0,772 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Untuk menghitung daya air ( $P_{\text{air}}$ ) dapat digunakan persamaan :

$$\begin{aligned} P_a &= Q\rho gH \\ &= 0,772 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,3 \\ &= 2271 \text{ Watt} \end{aligned}$$

#### 4.2. Analisis Kinerja Turbin

Analisis kinerja turbin pada penelitian ini dilakukan dengan 3 variasi jumlah sudu yaitu 12, 14 dan 16 sudu. Dimana dari masing – masing sudu akan dianalisis nilai putaran (rpm), gaya yang diterima (N), Torsi pada turbin (Nm), daya Turbin (Watt) dan Effisiensi turbin (%).

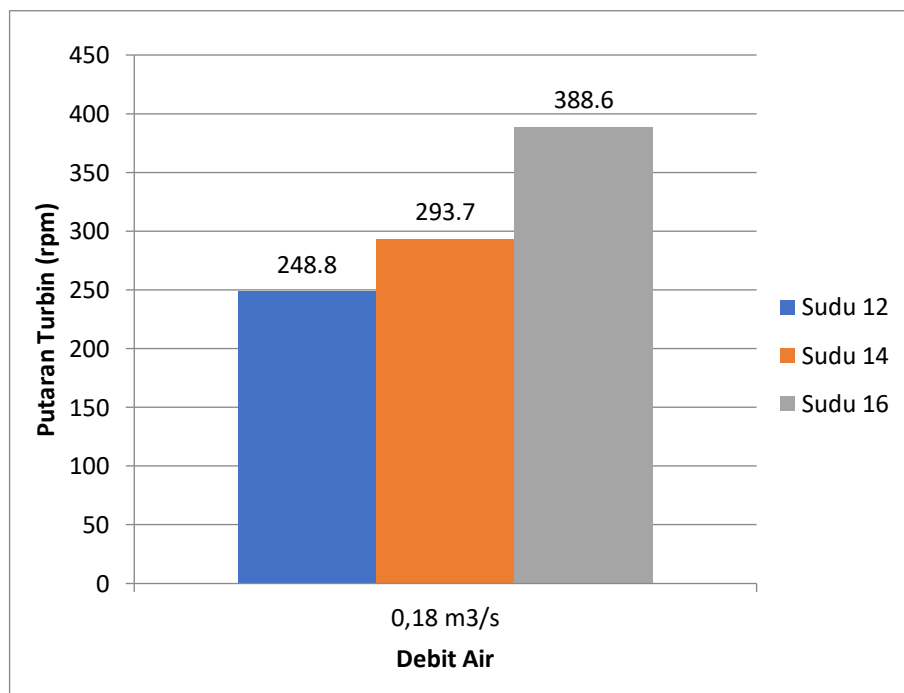
Dari pergerakan turbin, jumlah putaran dapat diukur dengan alat ukur tachometer digital. Adapun tabel pengambilan data rpm yang dilakukan pada 3 variasi sudu adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 Data Rpm Turbin 3 variasi jumlah Sudu

Jumlah Sudu	Percobaan	Putaran Turbin (Rpm)
12	1	284,8
	2	283,2
	3	285,7
14	1	292,7
	2	293,5
	3	294,5
16	1	389,68

Jumlah Sudu	Percobaan	Putaran Turbin (Rpm)
	2	388,27
	3	388,69

Dapat dilihat pada tabel 4.1 tiap variasi jumlah sudu dilakukan dengan percobaan pengambilan data rpm sebanyak 3x. Adapun rata – rata rpm pada jumlah sudu 12 adalah 284,8 rpm, pada sudu 14 293,7 rpm dan pada sudu 16 adalah 388,6 rpm. Adapun perbandingan rpm dari ke-3 variasi sudu dapat dilihat pada grafik berikut ini :



Gambar 4.7 Perbandingan RPM 3 Variasi sudu

Dapat dilihat dari gambar grafik, rpm yang paling tinggi terjadi pada variasi sudu sebanyak 16 sedangkan yang terkecil terjadi pada variasi sudu 12.

a. Kinerja Turbin Sudu 12

Diketahui :

Putaran yang dihasilkan 248,8 rpm

Dimana nilai  $v$  adalah kecepatan turbin, maka hal yang pertama dilakukan adalah mengkonversi 248,8 rpm ke m/s adalah sebagai berikut :

$$248,8 \text{ rpm} = 248,8/60 \text{ rps}$$

$$= 4,146 \text{ rps}$$

Artinya adalah turbin berputar sebanyak 4,146 putaran selama 1 detik. Untuk mengetahui panjang keliling turbin selama 1 putaran digunakan rumus mencari keliling lingkaran yaitu  $2\pi r$ . Maka 1 putaran turbin adalah :

$$\text{Keliling Turbin} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,5$$

$$= 4,71 \text{ m}$$

Maka jika rpm turbin adalah 4,146 rps maka sama dengan 4,146 dikalikan dengan keliling turbin sebanyak 1 putaran

$$\text{Kecepatan turbin} = 4,146 \times 4,71$$

$$= 13,02 \text{ m/s}$$

Maka nilai gaya yang diterima pada turbin dapat dicari dengan menggunakan persamaan  $F = Q \cdot P \cdot v$

$$F = 0,772 \cdot 1000 \cdot 13,02$$

$$= 10,05 \text{ N}$$

Torsi yang didapat adalah :

$$T = 10,05 \cdot 0,5$$

$$= 5,025 \text{ Nm}$$

Adapun daya turbin (Watt) yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

$$P_{\text{turbin}} = T \frac{\pi n}{30}$$

$$= 5,025 \frac{3,14 \cdot 248,8}{30}$$

$$= 130,85 \text{ Watt}$$

Tingkat efisiensi turbin dapat diketahui dengan persamaan :

$$\text{Efisiensi Turbin (\%)} = \frac{P_t}{P_a} \times 100\%$$

$$= \frac{130,85}{2271} \times 100\%$$

$$= 6,31 \%$$

b. Kinerja Turbin Sudu 14

Diketahui :

Putaran yang dihasilkan 293,7 rpm

$$\begin{aligned} 293,7 \text{ rpm} &= 293,7/60 \text{ rps} \\ &= 4,895 \text{ rps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling Turbin} &= 2 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \\ &= 4,71 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan turbin} &= 4,895 \times 4,71 \\ &= 23,05 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Maka nilai gaya yang diterima pada turbin dapat dicari dengan menggunakan persamaan  $F = Q \cdot P \cdot v$

$$\begin{aligned} F &= 0,772 \cdot 1000 \cdot 23,05 \\ &= 17,794 \text{ N} \end{aligned}$$

Torsi yang didapat adalah :

$$\begin{aligned} T &= 17,794 \cdot 0,5 \\ &= 8,897 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Adapun daya turbin (Watt) yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_{\text{turbin}} &= T \frac{\pi n}{30} \\ &= 8,897 \frac{3,14 \cdot 293,7}{30} \\ &= 273,49 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Tingkat efisiensi turbin dapat diketahui dengan persamaan :

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi Turbin (\%)} &= \frac{P_t}{P_a} \times 100\% \\ &= \frac{273,49}{2271} \times 100\% \\ &= 12,04 \% \end{aligned}$$

c. Kinerja Turbin Sudu 16

Diketahui :

Putaran yang dihasilkan 388,68 rpm

$$388,68 \text{ rpm} = 388,68/60 \text{ rps}$$

$$= 6,478 \text{ rps}$$

$$\text{Keliling Turbin} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,5$$

$$= 4,71 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan turbin} = 6,478 \times 4,71$$

$$= 30,51 \text{ m/s}$$

Maka nilai gaya yang diterima pada turbin dapat dicari dengan menggunakan persamaan  $F = Q \cdot P \cdot v$

$$F = 0,772 \cdot 1000 \cdot 30,51$$

$$= 23,55 \text{ N}$$

Torsi yang didapat adalah :

$$T = 23,55 \cdot 0,5$$

$$= 11,77 \text{ Nm}$$

Adapun daya turbin (Watt) yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

$$P_{\text{turbin}} = T \frac{\pi n}{30}$$

$$= 11,77 \frac{3,14 \cdot 388,6}{30}$$

$$= 479 \text{ Watt}$$

Tingkat efisiensi turbin dapat diketahui dengan persamaan :

$$\text{Efisiensi Turbin (\%)} = \frac{P_t}{P_a} \times 100\%$$

$$= \frac{479}{2271} \times 100\%$$

$$= 21,09 \%$$

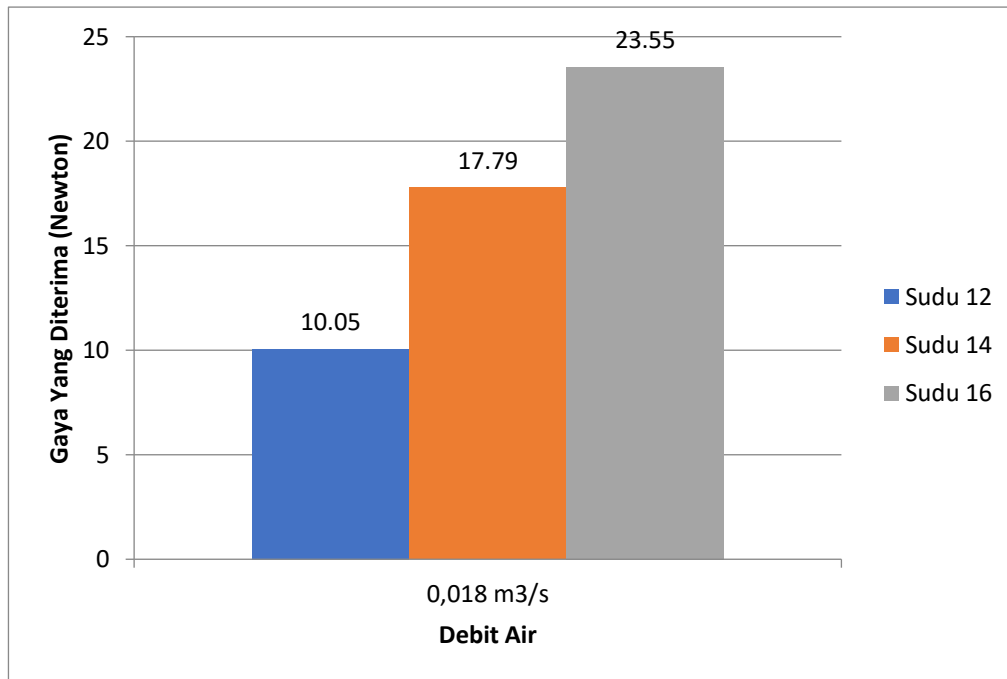
### 4.3 Pembahasan

Pada hasil perhitungan pada sub bab sebelumnya tentang kinerja turbin dengan 3 variasi jumlah turbin, maka adapun hasil perhitungan kinerja turbin dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4.2 Kinerja Turbin 3 Variasi Jumlah Sudu

Jumlah Sudu	Putaran Turbin (RPM)	Gaya Turbin (Newton)	Torsi Turbin (Nm)	Daya Turbin (Watt)	Effisiensi Turbin (%)
12	248,8	10,05	5,025	130,85	6,31
14	293,7	17,79	8,89	273,49	12,04
16	388,6	23,55	11,77	479	21,09

Adpun perbandingan antara gaya yang diterima turbin terhadap 3 variasi sudu pada turbin adalah sebagai berikut :

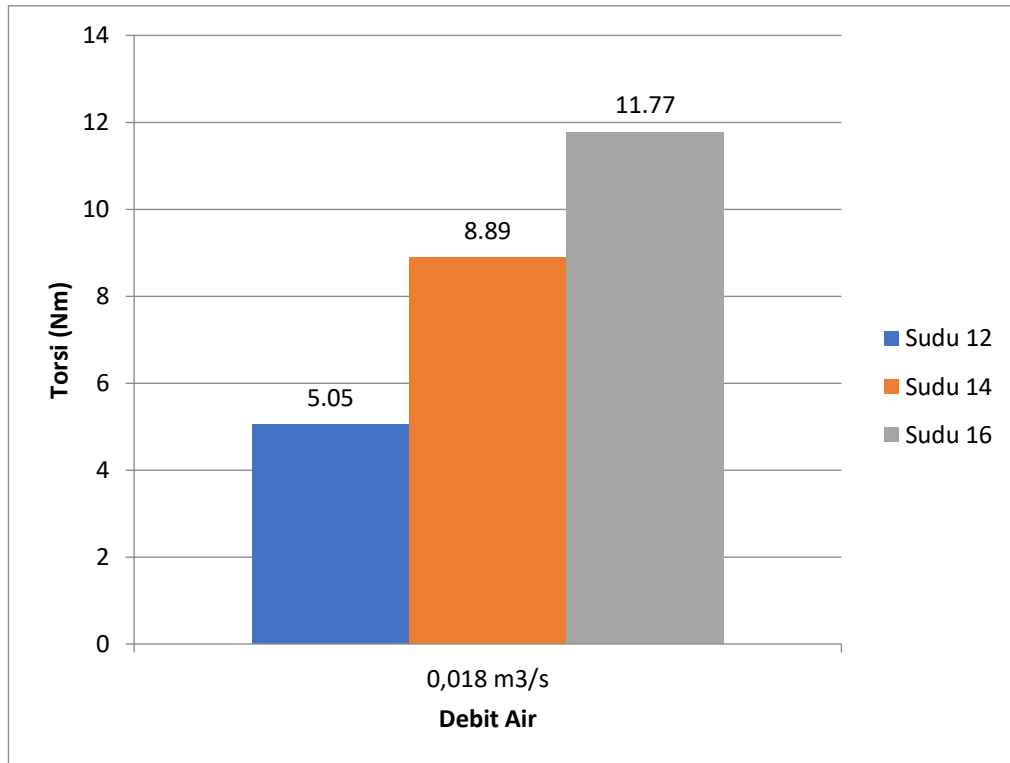


Gambar 4.8 Grafik Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Gaya

Dapat dilihat berdasarkan gambar grafik 4.8 menunjukkan bahwa dari perbandingan sudu 12, 14 dan sudu 16, nilai gaya yang dihasilkan oleh jumlah sudu 16 merupakan yang paling tinggi yaitu 23,55 N. Sedangkan nilai gaya terendah adalah dengan jumlah sudu 12 dengan nilai gaya 10,05 N dengan debeat air yang mengalir secara konstan pada irigasi adalah sebesar 0,018 m<sup>3</sup>/s

Adpun perbandingan antara torsi turbin terhadap 3 variasi sudu pada turbin adalah sebagai berikut :

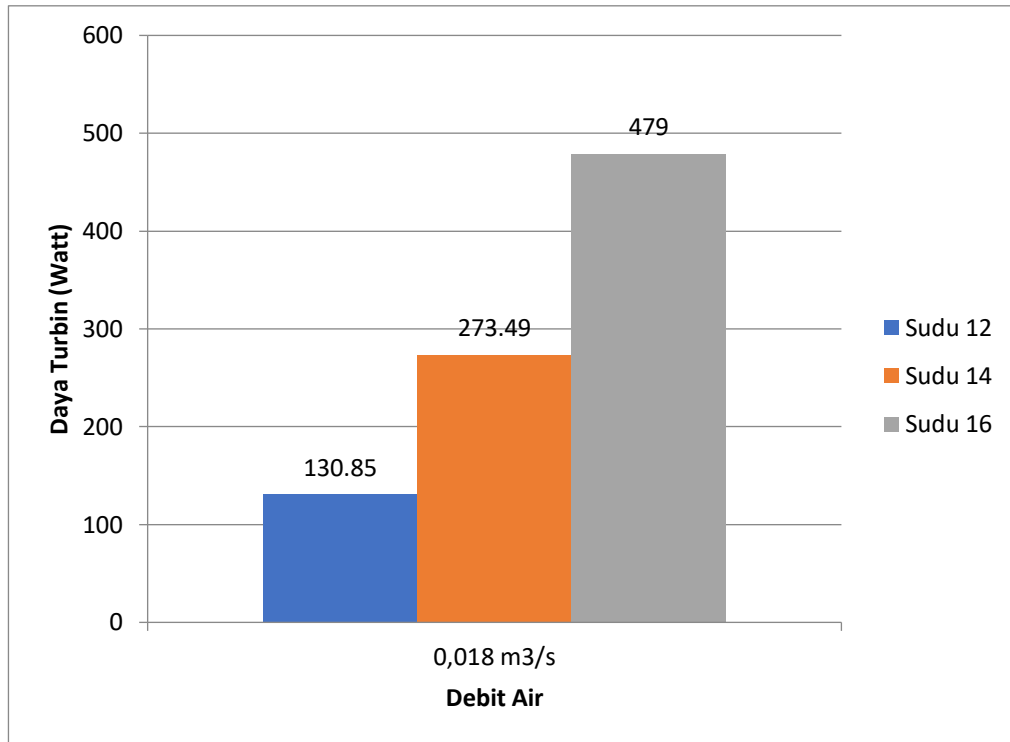




Gambar 4.9 Grafik Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Torsi Turbin

Dapat dilihat berdasarkan gambar grafik 4.9 menunjukkan bahwa dari perbandingan sudu 12, 14 dan sudu 16, nilai torsi yang dihasilkan oleh jumlah sudu 16 juga mempunyai nilai tertinggi 11,77 Nm. Sedangkan terendah adalah dengan jumlah sudu 12 dengan nilai torsi sebesar 5,05 Nm. Dengan debit air yang mengalir secara konstan pada irigasi adalah sebesar 0,018 m<sup>3</sup>/s

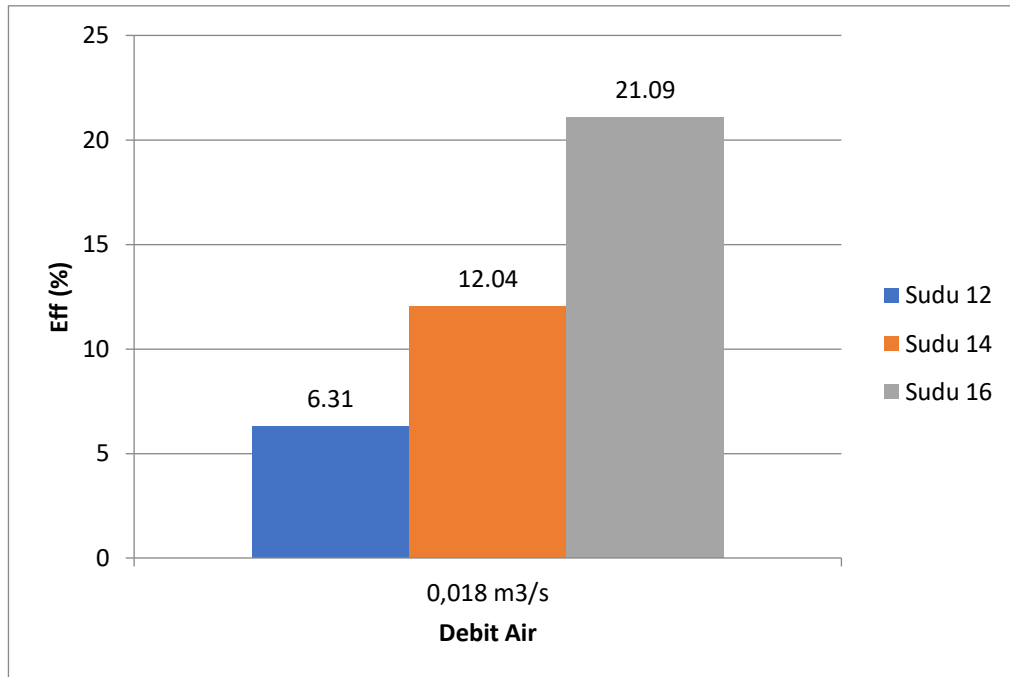
Adapun perbandingan antara daya turbin terhadap 3 variasi sudu pada turbin adalah sebagai berikut :



Gambar 4.10 Grafik Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Daya Turbin

Dapat dilihat berdasarkan gambar grafik 4.10 menunjukkan bahwa dari perbandingan sudu 12, 14 dan sudu 16, jumlah sudu 16 merupakan penghasil daya yang paling besar yaitu 479 Watt dan penghasil daya yang paling kecil adalah pada sudu 12 yaitu hanya sebesar 130,85 watt dengan debit air yang mengalir secara konstan pada irigasi adalah sebesar 0,018 m<sup>3</sup>/s

Adapun perbandingan antara efisiensi turbin terhadap 3 variasi sudu pada turbin adalah sebagai berikut :



Gambar 4.11 Grafik Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Eff Turbin

Dapat dilihat berdasarkan gambar grafik 4.11 menunjukkan bahwa dari perbandingan sudu 12, 14 dan sudu 16, jumlah sudu 16 merupakan tingkat efisiensi yang paling besar yaitu 21,09 % dan tingkat efisiensi yang paling kecil adalah pada sudu 12 yaitu hanya sebesar 6,31% dengan debit air yang mengalir secara konstan pada irigasi adalah sebesar 0,018 m<sup>3</sup>/s

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pembahasan pada penelitian diatas, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari penelitian yang telah dilakukan dengan 3 variasi jumlah sudu yaitu 12, 14, 16 setelah melakukan pengambilan data dan perhitungan analisis kinerja turbin didapat jumlah sudu 16 memiliki tingkat kinerja yang lebih maksimal dibandingkan variasi sudu yang lainnya. dari perbandingan sudu 12, 14 dan sudu 16, jumlah sudu 16 merupakan penghasil daya yang paling besar yaitu 479 Watt dan penghasil daya yang paling kecil adalah pada sudu 12 yaitu hanya sebesar 130,85 watt dengan debit air yang mengalir secara konstan pada irigasi adalah sebesar 0,018 m<sup>3</sup>/s
2. Untuk keluaran generator turbin yang memiliki jumlah sudu 16 juga memiliki tingkat efisiensi yang lebih tinggi dari variasi sudu yang lain. Jumlah sudu 16 merupakan tingkat efisiensi yang paling besar yaitu 21,09 % dan tingkat efisiensi yang paling kecil adalah pada sudu 12 yaitu hanya sebesar 6,31 % dengan debit air yang mengalir secara konstan pada irigasi adalah sebesar 0,018 m<sup>3</sup>/s

#### **5.2 Saran**

Adapun saran yang dapat disampaikan sebagai berikut :

1. Diharapkan hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan untuk pengembangan pembangkit listrik skala rumah tangga, dapat dikembangkan untuk skala yang lebih besar dan dapat dilakukan di sungai yang memiliki debit dan kecepatan aliran yang cukup besar.
2. Pada saat melakukan pengujian pemasangan antar sudu harus diperhatikan diameter pada kincir agar putaran kincir seimbang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Daniel, Rente dan Fidelis. "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro Tipe Propeller Menggunakan Aliran Air Sungai". Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang, 2015.
- Dewatama, dkk, Kendali Dc-Dc Converter Pada Portable Pico-Hydro Menggunakan Pid Kontroller, Jurnal Eltek, Hal 113-124, 2018.
- Henry, O. S., Daud, A., & Hakki, H. (2013). Analisis Perubahan Dimensi Kincir Air terhadap Kecepatan Aliran Air (Studi Kasus Desa Pandan Enim). Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan, 1(1), 3– 6.
- Jamaludin, J. (2018). DEBIT AIR OPTIMUM MODEL SCREW TURBINE PADA PITCH  $A= 1, 2 R_o$  DAN  $A= 2 R_o$  SEBAGAI PENGGERAK GENERATOR LISTRIK. Jurnal Dinamika UMT, 3(1), 9-22.
- Nurva Alipan dan Nurhening Yuniarti., Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga PicoHydro Dengan Memanfaatkan Alternator Untuk Membantu Penerangan Jalan Seputaran Kebun Salak, 2(2):59-70, 2018.
- Pudjanarsa, A., & Nursuhud, D. (2013). Mesin Konversi Energi. (F. S. Suyantoro, Ed.) (3rd ed.). Yogyakarta.
- Risnandar, Finsa Anugrah Pratama, and Novrinaldi, "Gis untuk menentukan potensi pembangkit Piko-Hidro," vol. 1, November 2011.
- Saefudin, E., Kristyadi, T., Rifki, M., & Arifin, S. (2017). Turbin Screw Untuk Pembangkit Listrik Skala Mikrohidro Ramah Lingkungan. Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan, 1(3)
- Septian Dhimas, "Rancang Bangun Pembangkit Hybrid Tenaga Angin Dan Sel Surya Untuk Penerangan Jalan, Publikasi Ilmiah, Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2018."
- Silvester Sandy, "Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro Di Aliran Sungai Sekitar Bangunmulyo, Girikerto, Turi, Sleman, Laporan Tugas Akhir, Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, 2016.
- Streeter; Victor, L; Wylie, E;. (1996). Mekanika Fluida. Jakarta: Erlangga

- Sule, L. (2015). Kinerja yang Dihasilkan Oleh Kincir Air Arus Bawah dengan Sudu Berbentuk Mangkok. Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV), (Snttm Xiv), 7–8.
- Supardi Muslim, Teknik Pembangkitan Tenaga Listrik, (Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008), hal 1.
- Turcotte, D. L.; Schubert, G. .2002, Geodynamics (2 ed.), Cambridge, England, UK: Cambridge University Press.
- Zulhijal, K. 2011. Perancangan Kincir Air Untuk PLTA Mini di Kanagarian Sungai Batuang. Jakarta: Universitas Bung Hatta Indonesia

**LEMBAR ASISTENSI TUGAS  
AKHIR**

**PEMBUATAN PLTPH DENGAN JENIS KINCIR AIR DI SALURAN IRRIGASI**

Nama : Dikky Wahyuddin  
NPM : 1907230012

Dosen Pembimbing 1 : M YANI, ST., MT

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
	7/2/2023	1) Pemberian spesifikasi tugas akhir	myj
	16/2/2023	2) Perbaiki bab I, latar belakang	myj
	21/2/2023	3) Perbaiki Bab II, Tambahkan penjelasan gbr, fungsi dari bagian? Kincir air.	myj
	30/2/2023	4) Perbaiki bab III, tambahkan data & bahas untuk membuat Kincir air	myj
	7/3/2023	5) Acc, Simulas proposal	myj
	3/10/2023	6) Perbaiki Bab IV, data & pembahasan	myj
	12/10/2023	7) Perbaiki Bab V, Usahakan dgn tujuan penelitian	myj
	28/11/2023	8) Acc seminar hasil	myj
	27/3/2024	9) Acc sidang	myj



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS TEKNIK**

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 1913/SK/BAN-PT/Ak.KP/PT/XI/2022

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<https://fatek.umsu.ac.id> [fatek@umsu.ac.id](mailto:fatek@umsu.ac.id) [umsumedan](https://www.facebook.com/umsumedan) [umsumedan](https://www.instagram.com/umsumedan) [umsumedan](https://www.linkedin.com/company/umsumedan) [umsumedan](https://www.youtube.com/channel/UC...)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN  
DOSEN PEMBIMBING**

**Nomor : 559/IL.3AU/UMSU-07/F/2023**

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 26 Mei 2023 dengan ini Menetapkan :

Nama : HALFA ANDRI PASARIBU  
Npm : 1907230019  
Program Studi : TEKNIK MESIN  
Semester : VIII (DELAPAN)  
Judul Tugas Akhir : PENGARUH JUMLAH SUDU KINCIR AIR TERHADAP  
KINERJA KINCIR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA  
PICO HYDRO ( PLTPH )  
  
Pembimbing : M. YANI ST.MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya

Medan, 07 Dzulqaidah 1445 H  
26 Mei 2023 M

Dekan



Munawar A Mansury Siregar, ST.,MT  
NIDN: 0101017202





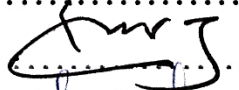

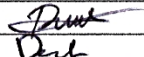

**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2023 – 2024**

Peserta seminar

Nama : Halfa Andri Pasaribu

NPM : 1907230019

Judul Tugas Akhir : Pengaruh Jumlah Sudu Kincir Air Terhadap Kinerja Kincir Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro (PLTPH)

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I : M. Yani, ST, MT			.....
Pemanding – I : Munawar Alfansury Siregar, ST, MT			
Pemanding – II : Khairul Umurani, ST, MT			
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1907230041	MUHAMMAD RIZKI H SIRAIT	
2	1907230012	DIKKEY WAHYUDDIN	
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 23 Jumadil Awal 1445 H  
07 Desember 2023 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

---

Nama : Halfa Andri Pasaribu  
NPM : 1907230019  
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Jumlah Sudu Kincir Air Terhadap Kinerja Kincir Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro (PLTPH)

Dosen Pembanding – I : Munawar Alfansury Siregar, ST, MT  
Dosen Pembanding – II : Khairul Umurani, ST, MT  
Dosen Pembimbing – I : M. Yani, ST, MT

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

.....*Perbaiki sesuai catatan seminar*.....  
.....  
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

.....  
.....  
.....  
.....

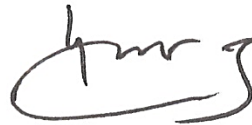
Medan, 23 Jumadil Awal 1445 H  
07 Desember 2023 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- I



Munawar Alfansury Siregar, ST, MT



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### A. DATA PRIBADI

Nama : Halfa Andri Pasaribu  
Alamat : Dusun IV, Desa Sorkam Kanan, Kec. Sorkam Barat  
Jenis kelamin : Laki-Laki  
Umur : 24 Tahun  
Agama : Islam  
Status : Belum Menikah  
Tempat, Tgl.Lahir : Sorkam Kanan, 10 October 1999  
Tinggi/berat badan : 165 cm / 48 kg  
Kewarganegaraan : Indonesia  
No. hp : 082276201441  
email : [halfapasaribu@gmail.com](mailto:halfapasaribu@gmail.com)

### B. LATAR BELAKANG PENDIDIKAN

Tahun 2005 - 2011 : SD Swasta Muhammadiyah  
Tahun 2011 - 2014 : SMP Negeri 2 Sorkam Barat  
Tahun 2014 - 2017 : SMK Negeri 3 Sibolga  
Tahun 2019-2024 : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)