

TUGAS AKHIR

ANALISIS PERBANDINGAN HASIL PENGELUARAN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU (PLTB) DAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PICO HYDRO (PLTPH)

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh

Gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Elektro Pada

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Disusun Oleh :

ARDAN MAHENDRA
1507220142



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2022

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini di ajukan oleh :

Nama : Ardan Mahendra

NPM : 1507220142

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Analisis Perbandingan Hasil Pengeluaran Pada
Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) Dan
Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro (PLTH)

Telah berhasil di pertahankan di hadapan tim penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang di perlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada program studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Medan, 10 November 2022

Mengetahui dan Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

(Faisal Irsan Pasaribu S.T, M.T)

Dosen Pembimbing II

Muhammad Adam, S.T., M.T

Dosen Pemanding I / Penguji I

(Ir. Abdul Aziz Hutahut M.M)

Dosen Pemanding II / Penguji II

(Elvy Sahnur ST. M.Pd)

Program Studi Teknik Elektro



(Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T)

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Ardan Mahendra
Tempat /Tanggal Lahir : Medan, 22 Juli 1997
NPM : 1507220142
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

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

“Analisis Perbandingan Hasil Pengeluaran Pada Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) Dan Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro (PLTH)”.

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 orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, 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 Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 10 November 2022

Saya Yang Menyatakan



Ardan Mahendra

ABSTRAK

Listrik merupakan energi yang memiliki peran penting dalam kehidupan manusia. PT. PLN sebagai penyedia energi listrik sekarang mengalami kesulitan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik nasional, hal ini disebabkan karena kebutuhan listrik jauh lebih besar dibandingkan dengan kapasitas pembangkitan energi yang ada saat ini. Kondisi ini yang mendorong untuk mencari dan mengkaji pemanfaatan sumber energi terbarukan yang sifatnya murah, ramah lingkungan serta tidak terbatas. Indonesia berpotensi untuk mengembangkan pembangkit listrik energi alternatif terbarukan tersebut. Salah satunya adalah energi angin yang berhembus relatif stabil sepanjang tahun dengan rata-rata kecepatan 5 m/detik. Dengan menggunakan kincir angin, energi angin yang berhembus dapat diubah menjadi energi listrik yang sangat bermanfaat. Hal ini memotivasi penulis untuk memanfaatkan alternator sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Angin tipe horizontal. Maka dari itu kami merancang alat Pembangkit Listrik Tenaga Angin. Menggunakan Alternator mobil untuk dikenalkan pada masyarakat luas bahwa energy angin bias dijadikan sebuah alternatif untuk di jadikan sebuah pembangkit listrik. Hasil pengujian dan pengukuran yang didapat dengan menggunakan pada PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) dan PLTPH (Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro) menggunakan alternator mobil, dapat digunakan sebagai pembangkit listrik alternatif. Perbandingan hasil pengujian tegangan yang dikeluarkan pada PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) menggunakan alternator mobil hanya bisa mengeluarkan tegangan rata-rata 4,4 volt, arus rata-rata 2,3 ampere dengan putaran turbin angin rata-rata 46,4 Rpm sedangkan pada PLTPH (Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro) menggunakan alternator mobil hanya bisa mengeluarkan tegangan rata-rata 2,5 volt, arus rata-rata 0,7 ampere dengan putaran turbin angin rata-rata 260,5 Rpm

Kata kunci : PLTB, PLTPH, PLTA,

ABSTRACT

Electricity is energy that has an important role in human life. PT. PLN as a provider of electrical energy is currently experiencing difficulties in meeting national electricity needs, this is because the demand for electricity is much greater than the current energy generation capacity. This condition encourages to seek and study the use of renewable energy sources that are cheap, environmentally friendly and unlimited. Indonesia has the potential to develop alternative renewable energy power plants. One of them is wind energy which blows relatively stably throughout the year with an average speed of 5 m/s. By using a windmill, the wind energy that blows can be converted into electrical energy which is very useful. This motivated the author to utilize the alternator as a horizontal type wind power plant. Therefore we designed a wind power generator. Using a car alternator to introduce to the wider community that wind energy can be used as an alternative to make a power plant. The test and measurement results obtained by using the PLTB (Wind Power Plant) and PLTPH (Pico Hydro Power Plant) using a car alternator, can be used as an alternative power plant. Comparison of the results of testing the voltage released at PLTB (Wind Power Plant) using a car alternator can only issue an average voltage of 4.4 volts, an average current of 2.3 amperes with an average wind turbine rotation of 46.4 Rpm while in PLTPH (Pico Hydro Power Plant) using a car alternator can only issue an average voltage of 2.5 volts, an average current of 0.7 amperes with an average wind turbine rotation of 260.5 Rpm

Keywords: *PLTB, PLTPH, PLTA,*

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kehadirat ALLAH SWT yang telah memberikan karunia dan hidayah-Nya,serta tiada daya dan upaya melainkan hanya kekuatan dari-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana yang berjudul“Analisis PerencanaanPenggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Cadangan Daya Listrik Rumah Tangga (Solar Home System)”.

Tugas Sarjana ini merupakan salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU).

Adapun Tugas Sarjana ini tak luput dari bantuan dan bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung, dengan segenap kerendahan hati penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua, Ayahanda Suwardi dan Ibunda Mahdalena Hasibuan yang telah membesarkan , mengasuh, mendidik, serta memberi semangat dan do'a yang tulus, ikhlas dengan penuh kasih sayang, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Ade Faisal, S.T, M.T Selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Ibu Rohana S.T, M.T Selaku Pembimbing Akademik Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T, S.Pd, M.T Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

6. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T Selaku Dosen Pembimbing I.
7. Bapak Muhammad Adam, S.T, M.T Selaku Dosen Pembimbing II.
8. Kepada seluruh Dosen Program Studi Teknik Elektro dan Staff Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Teman-teman satu kelompok Tugas Sarjana, dan kawan seperjuangan Stambuk 2015, khususnya anak A3 malam yang telah membantu dan memberi dukungan dan motivasi penulisan sehingga tersusunlah Tugas Sarjana ini.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik & saran yang membangun dari segenap pihak.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya lembar khazanah pengetahuan dan juga bermanfaat bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelumnya penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya.

Assalamualaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, 10 November 2022

Penulis



Ardan Mahendra

1507220142

DAFTAR ISI

| | |
|---|------------|
| LEMBAR PENGESAHAN | i |
| LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI | ii |
| ABSTRAK | iii |
| ABSTRACT | iv |
| KATA PENGANTAR | v |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR GAMBAR | vii |
| DAFTAR TABEL | ix |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 2 |
| 1.4 Ruang lingkup | 2 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 3 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 3 |
| 1.7 Sistematika Penulisan | 4 |
| | |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Tinjauan Pustaka Relevan | 5 |
| 2.2 Landasan Teori | 6 |
| 2.2.1 Energi Kinetik Angin..... | 7 |
| 2.2.2 Turbin Angin | 8 |
| 2.2.3 Prinsip Kerja Turbin Angin..... | 10 |
| 2.2.4 Jenis Turbin Angin | 11 |
| 2.2.5 Turbin Angin Sumbu Horizontal..... | 11 |
| 2.2.6 Turbin Angin Sumbu Vertikal | 12 |
| 2.2.7 Efisiensi Rotor | 13 |
| 2.2.8 Diameter Rotor | 14 |
| 2.2.9 Tip Speed Ratio | 14 |
| 2.3 Modifikasi Kincir Angin | 15 |
| 2.4 Kelebihan dan Kekurangan Turbin Angin Sebagai PLTB..... | 18 |
| 2.5 Generator Arus Searah (DC)..... | 22 |
| 2.6 PLTPH..... | 24 |
| 2.7 Turbin Air..... | 28 |
| 2.8 Kincir Air..... | 35 |
| 2.9 Pompa Air..... | 38 |
| 2.10 Baterai..... | 43 |
| | |
| BAB 3 METODE PENELITIAN | 47 |
| 3.1 Waktu dan Tempat..... | 47 |
| 3.2 Peralatan dan Bahan..... | 47 |
| 3.3 Bagan rangakian | 51 |
| 3.4 Diagram alir penelitian | 52 |

| | |
|---|-----------|
| BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 53 |
| 4.1 Deskripsi Umum..... | 53 |
| 4.2 Hasil Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Alternator Mobil | 53 |
| 4.3 Analisa Sistem Keluaran PLTB | 54 |
| 4.4 Analisis Karakteristik PLTPH | 56 |
| | |
| BAB 5 PENUTUP | 59 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 59 |
| 5.2 Saran | 59 |
| | |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 60 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar.2.1. Teori Momentum Dengan Mempertimbangkan Rotor Berputar..... | 6 |
| Gambar.2.2.Perinsip Kerja PLTB..... | 10 |
| Gambar.2.3.Turbin Angin Sumbu Horizontal..... | 11 |
| Gambar.2.4.Turbin Angin Sumbu Vertikal..... | 12 |
| Gambar.2.5.Efisiensi Rotor Dan Solidaritas Rotor..... | 13 |
| Gambar.2.6.Efisiensi Rotor Untuk Berbagai Tipe Turbin Angin | 13 |
| Gambar.2.7Variasi Tip speed Ratio..... | 15 |
| Gambar.2.8.Konfigurasi tanpa overlap | 16 |
| Gambar.2.9.Konfigurasi Dengan Overlap | 16 |
| Gambar.2.10.Konfigurasi Dengan Bucket Didefleksikan | 17 |
| Gambar.2.11.Rotor Savorius Multi Bucket..... | 17 |
| Gambar.2.12Karakteristik Beban Generator Kompon Secara Teoritis | 23 |
| Gambar.2.13Diagram Alir Daya Generator DC..... | 23 |
| Gambar.2.14.Proses PLTH..... | 26 |
| Gambar.2.15.Turbin Pelton..... | 30 |
| Gambar.2.16Turbin Turgo | 31 |
| Gambar.2.17.Turbin Cross Flow | 32 |
| Gambar.2.18.Turbin Francis | 33 |
| Gambar.2.19.Turbin Kepala Propeller | 34 |
| Gambar.2.20.Overshoot Water Whell | 36 |
| Gambar.2.21Undershoot Water Whell | 36 |
| Gambar.2.22 Breatshoot Water Whell..... | 37 |
| Gambar.2.23Tub Water Whell | 38 |
| Gambar.2.24. Pompa Akhsial..... | 39 |
| Gambar.2.25.Pompa Sentrifugal | 40 |
| Gambar.2.26.Mini Water Pump | 41 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 4.1. Hasil Pengukuran Pada PLTB | 53 |
| Tabel. 4.2. Karakteristik Hasil Pengukuran Pada PLTB..... | 54 |
| Tabel 4.3. Hasil Pengukuran Pada PLTPH..... | 56 |
| Tabel 4.4 Karakteristik Hasil Pengukuran Pada PLPH..... | 56 |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Listrik merupakan sumber energi utama manusia pada zaman modern seperti sekarang. Ditandai dengan revolusi industri di eropa, manusia mulai menggunakan bahan bakar fosil sebagai pembangkit listrik untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Belakangan ini, bahan bakar fosil sering dikaitkan sebagai penyebab pemanasan global (Prayoga & Sarwoko & Hidayat, 2016).

Indonesia berpotensi untuk mengembangkan pembangkit listrik energi alternatif terbarukan tersebut. Salah satunya adalah energi angin yang berhembus relatif stabil sepanjang tahun dengan rata-rata kecepatan 5 m/detik. Dengan menggunakan kincir angin, energi angin yang berhembus dapat diubah menjadi energi listrik yang sangat bermanfaat. Hal ini memotifasi penulis untuk memanfaatkan alternator sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Angin tipe horizontal. Maka dari itu kami merancang alat Pembangkit Listrik Tenaga Angin. Menggunakan Generator Dinamo Drillini untuk dikenalkan pada masyarakat luas bahwa energy angin bias dijadikan sebuah alternatif untuk di jadikan sebuah pembangkit listrik (Adriani, 2018).

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah pembangkit listrik dengan menggunakan air sebagai penggerak skala besar dengan daya terbangkitkan lebih dari 10 MW. Pembangkit Listrik Tenaga *Piko Hidro* (PLTPH) adalah pembangkit listrik skala kecil kurang dari 1 KW yang menggunakan tenaga air sebagai penggeraknya, potensi dapat kita temukan di saluran irigasi, sungai atau air terjun. Cara kerja PLTPH secara sederhana adalah air dalam jumlah tertentu

menggerakkan turbin kincir yang ada pada sistem instalasi mesin PLTPH, kemudian putaran turbin digunakan menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik. PLTPH pada intinya berfungsi untuk mengubah tenaga gerak menjadi tenaga listrik dengan beda tinggi (*Head*) rendah (Ajuarzain 2019)

Berdasarkan paparan di atas perlu di lakukan perancangan suatu alat Pembangkit Listrik Tenaga Angin dan Pembangkit Listrik Tenaga Pico-Hydro penelitian ini di lakukan untuk “ Analisis Perbandingan Hasil Pengeluaran Pada PLTB dan PLTPH ”

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut maka diperoleh beberapa permasalahan yang berkaitan sangat penting dengan listrik untuk memberikan hasil yang di peroleh dari Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) dan Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (PLTPH) sebagai penerangan yang bersekala kecil untuk kebutuhan tertentu antara lain :

1. Berapa keluaran arus dan tegangan yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Bayu dan Pembangkit Listrik Tenaga Pico-Hydro
2. Manakah pembangkit energi listrik yang paling optimal dalam menghasilkan energi listrik.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang di ambil dari penulisan Tugas Akhir ini yaitu :

1. Untuk mengetahui berapa keluaran arus, tegangan dan kecepatan yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Bayu dan Pembangkit Listrik Tenaga Pico-Hydro

2. Untuk mengetahui pembangkit energi listrik yang paling optimal dan efisien dalam menghasilkan energi listrik.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun beberapa batasan masalah dari tugas akhir ini antara lain:

1. Penulis hanya mengukur arus, kecepatan dan tegangan pada Pembangkit Listrik Tenaga Bayu dan Pembangkit Listrik Tenaga Pico-Hydro
2. Peneliti dapat menentukan pembangkit mana yang lebih optimal

1.5 Manfaat Penelitian

Pembuatan pembangkit listrik tenaga bayu dan pembangkit listrik tenaga pico-hydro dapat digunakan sebagai pensuplai tambahan energi listrik yang kemudian diterapkan disuatu daerah yang berpotensi memiliki angin dan air yang melimpah.

Adapun manfaat penelitian ini adalah :

1. Memberikan solusi terhadap masalah penyediaan energi yang ramah lingkungan.
2. Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi mahasiswa yang melakukan kajian terhadap penelitian yang sama.

1.6 Sistematika Penyusunan

Untuk memperoleh gambaran tentang isi tugas akhir ini maka akan dikemukakan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Dalam bab ini penulis menguraikan Latar Belakang Pemilihan Judul, Perumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat

Penelitian , dan Sistematika Penelitian.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini penulis menguraikan penjelasan yang terdiri dari landasan teori relevan, teori – teori mengenai energy angin, energi air turbin angin, turbin air dan penjelasan – penjelasan lainnya yang berkaitan dengan pembahasan di bab 2 ini.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini akan menerangkan mengenai Alat, bahan dan lokasi dilakukan penelitian, pengujian alat, jadwal pengujian, serta jalannya alat.

BAB 4 ANALISA DAN HASIL PEMBAHASAN

Dalam bab ini membahas analisa dan hasil pembahasan dalam penelitian ini.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini memuat tentang kesimpulan dari seluruh hasil pengujian tegangan dan arus yang dihasilkan PLTB dan PLTPH, serta saran-saran yang berhubungan dengan tugas akhir.

DAFTAR PUSTAKA

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Penelitian mengenai PLTA dilakukan oleh Andini (2018) melakukan penelitian tentang Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Generator Drillini Terhadap Empat Sumbu Horizontal. Dari hasil penelitian satu kincir angin diperoleh Tegangan 0,76 Volt dengan kecepatan Kincir angin High. Kemudian dilakukan penelitian dengan menambah empat kincir angin dihubungkan secara seri yang bertujuan untuk menambah tegangan yang dicapai. Hasil pengukuran dari empat buah kincir angin menghasilkan Tegangan sebesar 2,46 Volt dengan kecepatan kipas angin High.

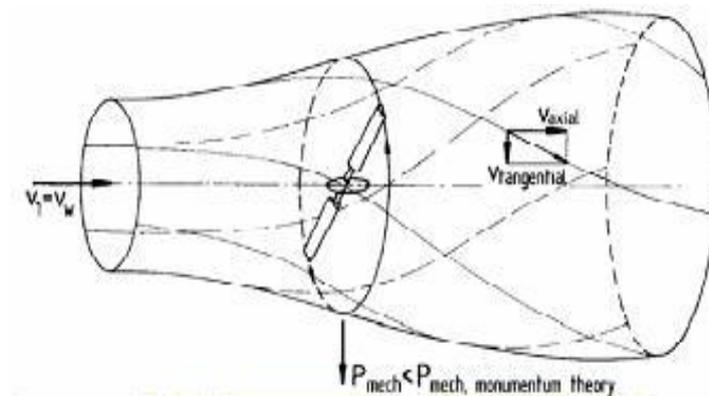
Penelitian selanjutnya oleh Made Padmika, I Made Satriya Wibawa & Ni Lu Putu Trisnawati (2017).Melakukan penelitian tentang Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Menggunakan Turbin Ventilator sebagai Penggerak Generator yang memanfaatkan kecepatan angin sebagai penggerakny.Dari hasil penelitian yang dilakukan menghasilkan tegangan dc antara 0 sampai dengan 7,46 Volt. Kecepatan angin yang dipakai dari kecepatan angin 0 m/s sampai dengan 6 m/s. Keluaran maksimal alat ini dari kecepatan angin 6 m/s adalah 7,46 Volt.

Kemudian penelitian mengenai PLTPH dilakukan oleh Mhd Ajuarzain (2019).Melakukan penelitian tentang Simulasi Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga *Pico- Hydro* Menggunakan *Mini Water Pump*.

2.2 Landasan Teori

Secara sederhana energi potensial yang terdapat pada angin dapat memutar *blade-blade* yang terdapat pada kincir angin, dimana *blade-blade* ini terhubung dengan poros dan memutar poros yang telah terhubung dengan generator dan menimbulkan arus listrik. Model sederhana dari turbin angin mengambil dasar teori dari momentum, angin dengan kecepatan tertentu menabrak rotor yang memiliki performa sayap atau propeller. Dalam model sederhana, dimana memungkinkan *newtonian mechanics* digunakan, aliran diasumsikan *steady* dan mendatar, udara diasumsikan *incompressible* dan *inviscid*, dan aliran *downstream* (aliran setelah melalui rotor) diasumsikan konstan disekeliling bagian *streamtube* dengan tidak ada diskontinuitas tekanan diseborang pembatasan *streamtube* (Firman& Mara & Nuarsa 2013).

Aplikasi dari momentum dan energi diperlihatkan pada gambar berikut :



Gambar 2.1 Teori Momentum dengan mempertim bangkan Bangun Rotor Berputar.

2.2.1 Energi Kinetik Angin

Energi angin merupakan energi alternatif yang mempunyai prospek baik karena selalu tersedia di alam, dan merupakan sumber energi yang bersih dan terbarukan kembali. Proses pemanfaatan energi melalui dua tahapan konversi yaitu :

1. Aliran angin akan menggerakkan rotor (baling-baling) yang menyebabkan rotor berputar selaras dengan angin bertiup.
2. Putaran rotor dihubungkan dengan generator sehingga dapat dihasilkan listrik.

Dengan demikian energi angin merupakan energi kinetik atau energi yang disebabkan oleh kecepatan angin untuk dimanfaatkan memutar sudu-sudu kincir angin. Untuk memanfaatkan energi angin menjadi energi listrik maka langkah pertama yang harus dilakukan adalah menghitung energi angin dengan formula (Ilmar&Diniardi&Mukti 2016)

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \dots\dots\dots (1)$$

E : Energi Kinetik (Joule)

m : Massa Udara (Kg)

v : Kecepatan Angin (m/det)

Untuk mendapatkan massa udara dimisalkan satu blok udara mempunyai penampang dengan luas A (m^2), dan bergerak dengan kecepatan v (m/det), maka massa udara adalah yang melewati suatu tempat adalah :

$$m = A \cdot v \cdot \rho \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

m : massa udara yang mengalir (kg/det)

A : Penampang (m^2)

v : Kecepatan Angin (m/det)

ρ : Kerapatan Udara (kg/m^3)

Dengan persamaan (2.1) dan (2.2) dapat dihitung besar daya yang dihasilkan energi angin yaitu :

$$P = \frac{1}{2} A \cdot v^3 \cdot \rho \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

P : Daya yaitu energi per satuan waktu (watt)

A : Luas Penampang (m^2)

v : Kecepatan Angin (m/det)

ρ : Kerapatan Udara (kg/m^3)

2.2.2 Turbin Angin

Turbin angin atau kincir angin merupakan suatu alat yang dapat mengubah energi kinetik dari angin menjadi energi listrik. Sistem yang digerakkan oleh angin telah banyak digunakan secara luas sejak abad kesepuluh untuk memompa air, menumbuk biji, dan lain-lain. Turbin angin sendiri dahulu banyak digunakan di Negara Denmark, Belanda, dan negara Eropa lainnya dan lebih dikenal dengan nama *windmill*. Kini turbin angin lebih banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber energi terbarukan yaitu berupa angin.

Baling-baling merupakan bagian utama pada turbin angin yang berfungsi untuk mengkonversikan energi angin menjadi energi penggerak untuk generator. Bila baling-baling memiliki jari-jari R dilewati angin dengan kecepatan v , maka daya yang dihasilkan oleh turbin angin tersebut dapat ditentukan dengan rumus :

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3 \cdot C_p \cdot A \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

P : Daya (watt)

ρ : Kerapatan udara (kg/m^3)

v : Kecepatan angin (m/s)

C_p : Power constant

A : Jari-jari (m^2)

C_p (Power Constant) merupakan besaran yang dimiliki oleh motor dan berbeda-beda setiap tipe yang berbeda. C_p merupakan keahlian suatu motor untuk mengkonversi dari energi gerak menjadi energi listrik atau sebaliknya dengan memperhitungkan nilai setiap rugi-rugi yang dimilikinya. Sehingga bilamana menggunakan generator dengan nilai C_p yang besar untuk turbin angin, maka daya yang akan dihasilkan akan lebih besar bila dibandingkan dengan generator yang memiliki nilai C_p yang lebih rendah (Nawir&Sune 2015)

2.2.3 Prinsip Kerja dan Kontruksi Turbin Angin

Sistem pembangkit listrik tenaga angin ini merupakan pembangkit listrik yang menggunakan turbin angin (wind turbine) sebagai peralatan utamanya. Dalam skala utility memiliki berbagai ukuran, dari 100 kilowatt

sampai dengan beberapa megawatt. Turbin besar dikelompokkan bersama-sama ke arah angin, yang memberikan kekuatan massal ke jaringan listrik. Turbin kecil tunggal, di bawah 100 kilowatt dan digunakan pada rumah, telekomunikasi, atau pemompaan air. Turbin kecil kadang-kadang digunakan dalam kaitannya dengan generator diesel, baterai dan sistem fotovoltaik. Sistem ini disebut sistem angin hibrid dan sering digunakan di lokasi terpencil di luar jaringan, di mana tidak tersedia koneksi ke jaringan utilitas.

Tenaga angin modern dihasilkan dalam bentuk listrik dengan merubah rotasi pisau turbin menjadi arus listrik menggunakan generator listrik. Kincir dengan energi angin digunakan untuk memutar peralatan mekanik dalam melakukan kerja fisik, seperti memompa air atau menyalakan lampu. Daya yang dihasilkan oleh turbin angin tergantung pada diameter pada sudu. Semakin besar diameter, maka daya yang dihasilkan semakin besar.



Gambar 2.2 Prinsip kerja PLTB

2.2.4 Jenis Turbin Angin

Dalam perkembangannya turbin angin dibagi menjadi dua jenis turbin angin Propeller dan turbin angin Darrieus. Kedua jenis turbin inilah yang kini memperoleh perhatian besar untuk dikembangkan. Pemanfaatannya yang umum sekarang sudah digunakan adalah untuk memompa air dan pembangkit tenaga listrik. Turbin angin terdiri atas dua jenis, yaitu :

2.2.5 Turbin Angin Sumbu Horizontal

Turbin angin Propeller adalah jenis turbin angin dengan poros horizontal seperti baling-baling pesawat terbang pada umumnya. Turbin angin ini harus diarahkan sesuai dengan arah angin yang paling tinggi kecepatannya.



Gambar 2.3 Turbin Angin Sumbu Horizontal

Mukund R. Patel menambahkan, seperti yang terlihat dalam persamaan daya angin sebelumnya, keluaran daya dari turbin angin bervariasi linier dengan daerah yang melewati rotor blade. Untuk turbin sumbu horizontal, daerah yang melewati rotor blade adalah (Firman & Mara & Nuarsa 2013).

$$A = \frac{\pi}{4} D^2 \text{ (m}^2\text{)}$$

2.5.6 Turbin Angin Sumbu Vertikal

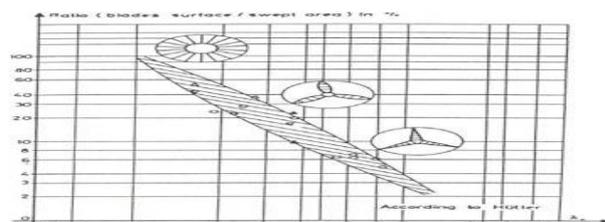
Turbin angin sumbu vertikal/tegak memiliki sumbu rotor utama yang disusun tegak lurus. Generator dan gearbox turbin jenis ini bisa ditempatkan didekat tanah, sehingga menara tidak perlu menyokongnya dan lebih mudah diakses untuk keperluan perawatan. Desain turbin ini menyebabkan sejumlah desain menghasilkan tenaga putaran yang berdenyut. Drag (gaya yang menahan pergerakan) sebuah benda padat melalui fluida (zat cair atau gas) bisa saja tercipta saat kincir berputar. Drag sulit dipasang diatas menara, turbin sumbu tegak sering dipasang lebih dekat ke dasar tempat ia diletakkan, seperti tanah atau puncak atap sebuah bangunan (Zadid&Riawan&Suryoatmojo 2012).



Gambar 2.4 Turbin Angin Sumbu Vertikal

2.2.7 Efisiensi Rotor

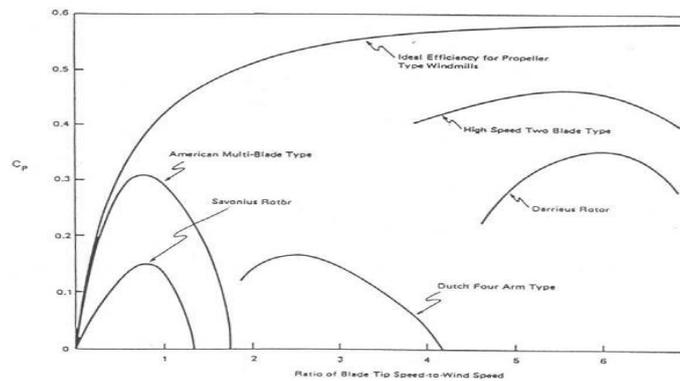
Efisiensi rotor ditentukan oleh jenis turbin angin dan kesempurnaan teknologi aerodinamik yang digunakan. Rotor dengan soliditas tinggi mempunyai efisiensi yang lebih kecil dibandingkan dengan rotor yang mempunyai soliditas rendah.



Gambar 2.5 Efisiensi rotor dan soliditas rotor

Gambar 2.5 menunjukkan efisiensi rotor terhadap berbagai jenis turbin angin. Disini terlihat bahwa turbin angin kelompok sumbu horizontal pada umumnya memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan turbin angin sumbu vertikal. Dari gambar ini juga terlihat bahwa pada umumnya turbin angin dengan soliditas tinggi mempunyai torsi yang besar, efisiensi rendah serta rated wind speed yang tidak terlalu tinggi.

Sehingga terlihat jelas disini bahwa didaerah-daerah berpotensi energi angin rendah cocok diterapkan teknologi turbin angin multi blade yang dapat digunakan untuk keperluan-keperluan mekanikal, seperti pemompaan air.



Gambar 2.6 Efisiensi rotor untuk berbagai tipe turbin angin

2.2.8 Diameter Rotor

Diameter rotor ditentukan berdasarkan pemenuhan kebutuhan energi oleh angin yang tersedia, baik itu untuk kegunaan mekanikal maupun elektrik, dengan mempertimbangkan efisiensi rotor dan juga efisiensi sistem mekanik. Perkiraan diameter rotor ini tidak terlalu eksak. Kompromi dapat dilakukan dalam rangka optimisasi dengan kekuatan struktur sudu dan juga biaya pembuatan.

Dengan efisiensi rotor dan kondisi angin yang sama, semakin besar diameter rotor semakin besar pula energi angin yang dapat diekstrak. Oleh

karena itu ukuran rotor menggambarkan berapa besar kapasitas suatu sistem konversi energi angin.

2.2.9 Tip Speed Ratio

Tip speed ratio (rasio kecepatan ujung) adalah rasio kecepatan ujung rotor terhadap kecepatan angin bebas. Untuk kecepatan angin nominal yang tertentu, tip speed ratio akan berpengaruh terhadap kecepatan rotor. Turbin angin tipe lift akan memiliki tip speed ratio yang relatif lebih besar dibandingkan dengan turbin angin drag.

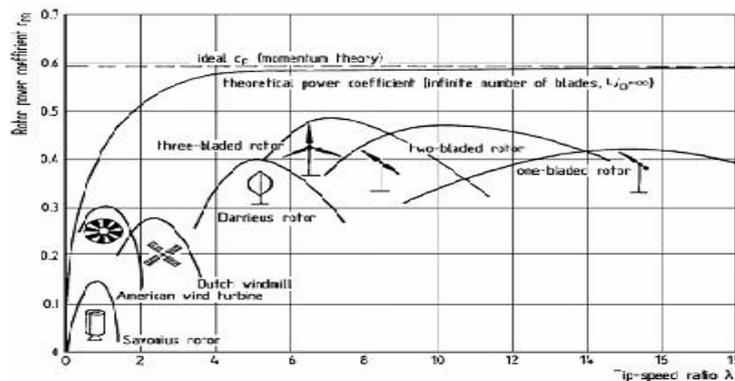
Tip speed ratio dihitung dengan persamaan :

$$\lambda = \frac{2 \pi n r}{60.v} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

- λ : Tip speed ratio
- r : Jari-jari rotor (m)
- n : Putaran rotor (rpm)
- v : Kecepatan angin (m/s)

Gambar berikut menunjukkan variasi nilai tip speed ratio dan koefisien daya untuk berbagai macam turbin angin.



Gambar 2.8 Variasi tip speed ratio dan koefisien daya pada berbagai jenis turbin angin

2.3 Modifikasi Kincir Angin

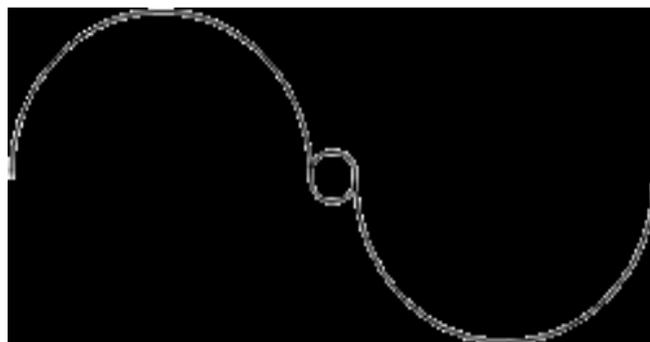
Seiring perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan serta penelitian para ilmuan maka begitu banyak inovasi dan modifikasi yang telah dibuat terutama pada rotor turbin angin. Seperti beberapa contoh modifikasi rotor atau sudu pada turbin angin tipe savonius. Berikut penjelasannya:

1. Rotor Savonius dua bucket

Berdasarkan prinsip aerodinamis, rotor jenis ini memanfaatkan gaya hambat (drag) saat mengekstrak energi angin dari aliran angin yang melalui sudu turbin. Koefisien hambat permukaan cekung lebih besar dari pada permukaan cembung. Oleh sebab itu, sisi permukaan cekung setengah silinder yang dilalui angin akan memberikan gaya hambat yang lebih besar dari pada sisi lain sehingga rotor berputar. Setiap turbin angin yang memanfaatkan potensi angin dengan gaya hambat memiliki efisiensi yang terbatas karena kecepatan sudu tidak dapat melebihi kecepatan angin yang melaluinya. Pada dasarnya savonius dua bucket memiliki tiga variasi lagi yakni :

melebihi kecepatan angin yang melaluinya. Pada dasarnya savonius dua bucket memiliki tiga variasi lagi yakni :

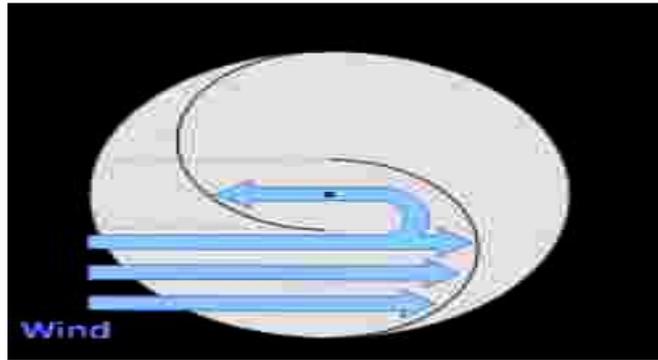
a. Konfigurasi Tanpa Overlap



Gambar 2.7 Konfigurasi Tanpa Overlap

Rotor ini memiliki kekuatan yang tinggi karena letak porosnya yang tepat berada ditengah kedua bucket nya. Rotor ini memiliki efisiensi yang paling rendah.

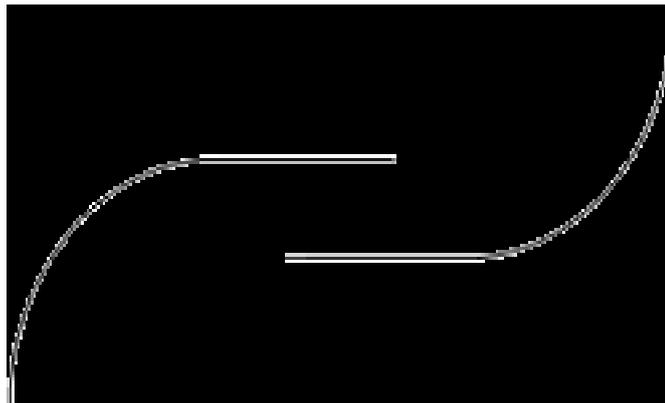
b. Konfigurasi dengan overlap



Gamabar 2.8 Konfigurasi dengan overlap

Konfigurasi rotor seperti ini sering dijumpai jenis ini memiliki celah antara bucket sehingga membuat arah angin yang dapat meningkatkan putaran dan dapat mengurangi getaran. Efisiensi pada rotor ini memiliki efisiensi yang lebih tinggi dari pada jenis konfigurasi tanpa overlap.

c. Konfigurasi dengan bucket didefleksikan

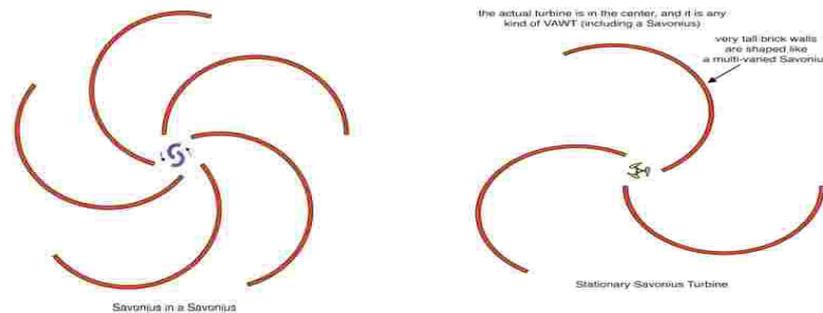


Gambar 2.9 Konfigurasi dengan bucket didefleksikan

Konfigurasi ini berbentuk L keunggulannya dapat membelokkan fluida dan memiliki efisiensi yang lebih baik dari jenis-jenis sebelumnya. Bucket seperti diatas mampu bertindak seperti airfoil ketika fluida menabrak tepi rotor dan

menimbulkan sedikit gaya lift. Dengan demikian mampu meningkatkan efisiensi. Tetapi tipe diatas relatif sulit untuk dibuat karena membutuhkan lembaran logam yang di rol, bukan dari potongan drum atau pipa.

2. Rotor Savonius Multi Bucket



Gambar 2.10 Rotor Savonius Multi Bucket

Rotor savonius dengan tiga bucket atau lebih, cenderung memiliki torsi awal yang baik dari pada rotor savonius dengan dua bucket. Semakin banyak bucket yang digunakan, maka torsi awal yang digunakan akan semakin baik.

3. Rotor Savonius Rotor Helix



Gambar 2.11

Tipe ini pertama kali diperkenalkan tahun 2006 oleh perusahaan helix wind. Bentuk desain helix yang unik memiliki keuntungan antara lain memiliki getaran yang halus karena variasi torsinya relatif merata untuk setiap bucket dan memiliki

torsi yang baik. Namun rotor ini memiliki geometri yang relatif rumit, sehingga sulit dalam pembuatan.

2.4 Kelebihan dan Kekurangan Turbin Angin Sebagai PLTB

Keuntungan utama dari penggunaan pembangkit listrik tenaga angin secara prinsipnya adalah disebabkan karena sifatnya yang terbarukan. Hal ini berarti eksploitasi sumber energi ini tidak akan membuat sumber daya angin yang berkurang seperti halnya penggunaan bahan bakar fosil. Oleh karenanya tenaga angin dapat berkontribusi dalam ketahanan energi dunia di masa depan. Tenaga angin juga merupakan sumber energi yang ramah lingkungan, dimana penggunaannya tidak mengakibatkan emisi gas buang atau polusi yang berarti ke lingkungan. Namun dalam penetapan ladang angin membutuhkan waktu yang cukup lama yakni satu hingga empat tahun, termasuk izin proyek pembangunannya (Murdani 2019).

Emisi karbon ke lingkungan dalam sumber listrik tenaga angin diperoleh dari proses manufaktur pembangunan pembangkit tenaga listrik, tetapi dalam operasinya membangkitkan listrik, secara praktis tidak menghasilkan emisi yang berarti. Jika dibandingkan dengan pembangkit listrik dengan batubara, emisi karbon dioksida pembangkit listrik tenaga angin ini hanya seperseratusnya saja. Namun begitu, pembangkit listrik tenaga angin ini tidak sepenuhnya ramah lingkungan, terdapat beberapa masalah yang terjadi akibat penggunaan sumber energi angin sebagai pembangkit listrik, diantaranya adalah dampak visual, derau suara, beberapa masalah ekologi, dan keindahan.

Dampak visual biasanya merupakan hal yang paling serius dikritik. Penggunaan ladang angin sebagai pembangkit listrik membutuhkan luas

lahan yang tidak sedikit dan tidak mungkin untuk disembunyikan. Penempatan ladang angin pada lahan yang masih dapat digunakan untuk keperluan yang lain dapat menjadi persoalan tersendiri bagi penduduk setempat. Selain mengganggu pandangan akibat pemasangan barisan pembangkit angin, penggunaan lahan untuk pembangkit angin dapat mengurangi lahan pertanian serta pemukiman. Hal ini yang membuat pembangkitan tenaga angin di daratan menjadi terbatas (Murdani 2019).

Efek lain akibat penggunaan turbin angin adalah terjadinya derau frekuensi rendah. Putaran dari sudu-sudu turbin angin dengan frekuensi konstan lebih mengganggu daripada suara angin pada ranting pohon. Selain derau dari sudu-sudu turbin, penggunaan gearbox serta generator dapat menyebabkan derau suara mekanis dan juga derau suara listrik. Derau mekanik yang terjadi disebabkan oleh operasi mekanis elemen-elemen yang berada dalam nacelle atau rumah pembangkit listrik tenaga angin. Dalam keadaan tertentu turbin angin dapat juga menyebabkan interferensi elektromagnetik, mengganggu penerimaan sinyal televisi atau transmisi gelombang mikro untuk perkomunikasian.

Penentuan ketinggian dari turbin angin dilakukan dengan menganalisa data turbulensi angin dan kekuatan angin. Derau aerodinamis merupakan fungsi dari banyak faktor seperti desain sudu, kecepatan perputaran, kecepatan angin, turbulensi aliran masuk. Derau aerodinamis merupakan masalah lingkungan, oleh karena itu kecepatan perputaran rotor perlu dibatasi di bawah 70m/s. Beberapa ilmuwan berpendapat bahwa penggunaan skala besar dari pembangkit listrik tenaga angin dapat merubah iklim lokal maupun global karena menggunakan

energi kinetik angin dan mengubah turbulensi udara pada daerah atmosfer (Murdani 2019).

Pengaruh ekologi yang terjadi dari penggunaan pembangkit tenaga angin adalah terhadap populasi burung dan kelelawar. Burung dan kelelawar dapat terluka atau bahkan mati akibat terbang melewati sudu-sudu yang sedang berputar. Namun dampak ini masih lebih kecil jika dibandingkan dengan kematian burung-burung akibat kendaraan, saluran transmisi listrik dan aktivitas manusia lainnya yang melibatkan pembakaran bahan bakar fosil. Selain itu, ladang angin lepas pantai memiliki masalah tersendiri yang dapat mengganggu pelaut dan kapal-kapal yang berlayar.

Konstruksi tiang pembangkit listrik tenaga angin dapat mengganggu permukaan dasar laut. Hal lain yang terjadi dengan konstruksi di lepas pantai adalah terganggunya kehidupan bawah laut. Efek negatifnya dapat terjadi seperti di Irlandia, dimana terjadinya polusi yang bertanggung jawab atas berkurangnya stok ikan di daerah pemasangan turbin angin. Studi baru-baru ini menemukan bahwa ladang pembangkit listrik tenaga angin lepas pantai menambah 80 – 110 dB kepada noise frekuensi rendah yang dapat mengganggu komunikasi ikan paus dan kemungkinan distribusi predator laut.

Dalam operasinya, pembangkit listrik tenaga angin bukan tanpa kegagalan dan kecelakaan. Kegagalan operasi sudu-sudu dan juga jatuhnya es akibat perputaran telah menyebabkan beberapa kecelakaan dan kematian. Kematian juga terjadi kepada beberapa penerjun dan pesawat terbang kecil yang melewati turbin angin. Reruntuhan puing-puing berat yang dapat terjadi merupakan bahaya yang

perlu diwaspadai, terutama di daerah padat penduduk dan jalan raya (Murdani 2019).

Kebakaran pada turbin angin dapat terjadi dan akan sangat sulit untuk dipadamkan akibat tingginya posisi api sehingga dibiarkan begitu saja hingga terbakar habis. Hal ini dapat menyebarkan asap beracun dan juga dapat menyebabkan kebakaran berantai yang membakar habis ratusan acre lahan pertanian. Hal ini pernah terjadi pada Taman Nasional Australia dimana 800 km² tanah terbakar. Kebocoran minyak pelumas juga dapat terjadi dan dapat menyebabkan terjadinya polusi daerah setempat, dalam beberapa kasus dapat mengkontaminasi air minum.

Meskipun dampak-dampak lingkungan ini menjadi ancaman dalam pembangunan pembangkit listrik tenaga angin, namun jika dibandingkan dengan penggunaan energi fosil, dampaknya masih jauh lebih kecil. Selain itu penggunaan energi angin dalam kelistrikan telah turut serta dalam mengurangi emisi gas buang.

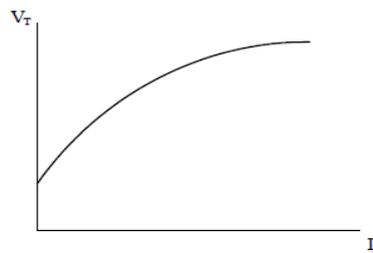
2.5 Generator Arus Searah (DC)

Generator arus searah mempunyai komponen dasar yang umumnya hampir sama dengan komponen mesin–mesin listrik lainnya. Secara garis besar generator arus searah adalah alat konversi energi mekanis berupa putaran menjadi energi listrik arus searah. Energi mekanik digunakan untuk memutar kumparan kawat penghantar di dalam medan magnet. Berdasarkan hukum Faraday, pada kawat penghantar akan timbul ggl induksi yang besarnya sebanding dengan laju perubahan fluksi yang dilingkupi oleh kawat penghantar. Bila kumparan kawat tersebut merupakan rangkaian tertutup, maka akan timbul arus induksi. Perbedaan

setiap generator biasanya terletak pada komponen penyearah yang terdapat didalamnya yang disebut dengan komutator dan sikat (Asnal 2012)

2.5.1 Karakteristik Generator DC Penguatan Kompon dan Efisiensi Generator DC

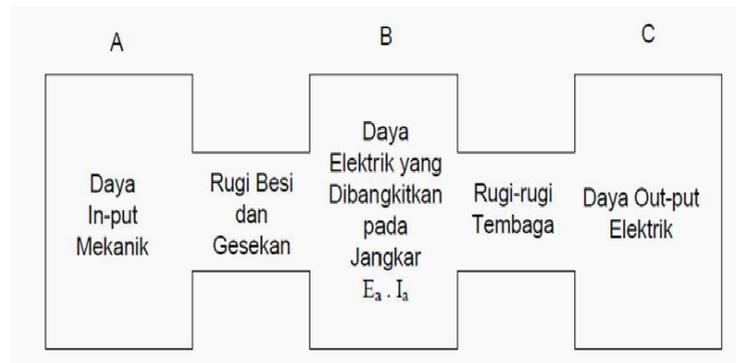
Karakteristik bebahan sebuah generator DC kompon menunjukkan bagaimana hubungan antara tegangan terminal V_t dan arus medan I_f ketika generator dibebani. Bentuk karakteristik bebahan generator DC kompon adalah mirip karakteristik generator DC shunt, tetapi letaknya agak lebih tinggi karena generator ini mempunyai lilitan penguat magnet seri.



Gambar 2.12 Karakteristik Berbeban Generator Kompon Secara Teoritis

Terlihat pada gambar 2.9 karakteristik bebahan sebuah generator dc kompon menunjukkan bagaimana hubungan antara tegangan terminal V_t dan arus medan I_f ketika generator di bebani. Bentuk karakteristik generator dc kompon adalah mirip dengan karakteristik generator dc shunt, tetapi letaknya agak lebih tinggi karena generator ini mempunyai lilitan penguat magnet seri.

Untuk menjelaskan efisiensi pada generator arus searah, dapat diamati melalui diagram aliran daya pada generator dc. Diagram aliran daya dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Diagram Aliran Daya Generator DC

2.6 PLTPH

PLTPH atau (Pembangkit Listrik Tenaga *Pico hidro*) adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi air. Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya (*resources*) penghasil listrik memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu dari instalasi. Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya dari instalasi maka semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik.

Pembangkit listrik tenaga air dibedakan atas :

- 2.6.1 Large-hidro : Lebih dari 100MW
- 2.6.2 Medium-hidro : Antara 15 – 100MW
- 2.6.3 Small-hidro : Antara 1 – 15MW
- 2.6.4 Mini-hidro : Daya diatas 100 kW, tetapi dibawah 1 MW
- 2.6.5 Micro-hidro : Antara 5kW – 100kW
- 2.6.6 Pico-hidro : Daya yang dikeluarkan 5kW

Pembangkit listrik pikohidro merupakan salah satu pembangkit listrik yang masih terus dikembangkan terutama untuk daerah pedesaan yang masih membutuhkan pasokan listrik. Penelitian yang telah dikembangkan yaitu

picohydro portabel dengan menggunakan bahan PVC dan generator bekas untuk menghasilkan daya listrik. Dari variasi debit air pada pengujian eksperimental dengan head 2 meter, didapat daya maksimum yang dibangkitkan sebesar 96 W pada sudut sudu turbin 30°. Dari hasil tersebut diperlukan Simulasi Runner Pada Pembangkit Listrik Pikohidro tersebut untuk mengetahui memvalidasi performansi yang tidak tercapai. simulasi aliran dalam runner untuk beberapa sudut serang sudu turbin dengan besarnya sudut yaitu 20°, 30°, 40° dan 50° dan analisis fluida dengan menggunakan ANSYS CFX. Hasil simulasi dengan potensi air dengan head 2 meter didapatkan sudut sudu turbin yang maksimum adalah 20° dengan debit 6,28 liter/s torsi yang dihasilkan 0,689 Nm serta daya yang dapat dihasilkan sebesar 67 W dengan efisiensi 54,4% (Shantika&Putra 2016)

Prinsip pembangkitan listrik tenaga air adalah suatu bentuk perubahan tenaga dari tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik, dengan menggunakan turbin air dan generator. Daya (*power*) yang dihasilkan dapat dihitung berdasarkan rumus berikut :

$$P = \rho \times Q \times h \times g \dots\dots\dots(6)$$

dimana :

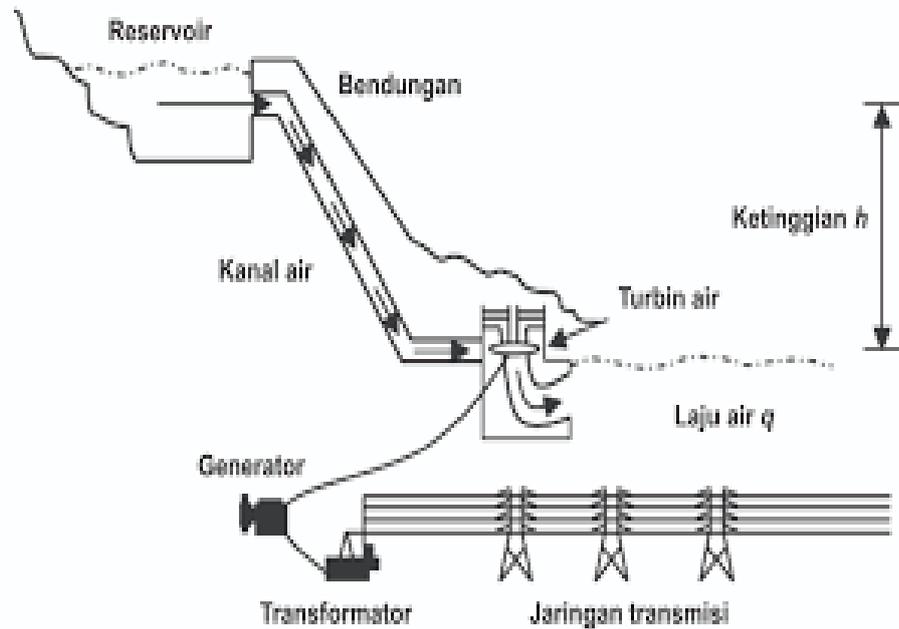
P = daya keluaran secara teoritis (watt)

ρ = massa jenis fluida(kg/m³)

Q = debit air (m³/s)

h = ketinggian efektif (m) g = gaya gravitasi(m/s²)

Daya yang keluar dari generator dapat diperoleh dari perkalian efisiensi turbin dan generator dengan daya yang keluar secara teoritis.



Gambar 2.14 Proses PLTA Skala *Pico hidro*

2.6.1 Kelebihan PLTPH

1. Menggunakan energi terbarukan.
2. Ramah lingkungan.
3. Indonesia memiliki potensi air yang besar.
4. Jumlah sumber daya manusia yang banyak.
5. Lokasi sumber daya air PLTPH pada umumnya berada di wilayah perdesaan dan desa terpencil yang belum terjangkau jaringan listrik.
6. Mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan bahan bakar fosil.
7. Menjadi energi alternatif pengganti listrik untuk penerangan di desa-desa terpencil yang tidak tersentuh jaringan PLN.

8. PLTPH dapat menggantikan penggunaan mesin genset diesel, karena dapat mengurangi emisi karbon akibat pembakaran bahan bakar fosil solar.
9. PLTPH yang dikelola dengan baik dapat menjadi sumber pendapatan di suatu daerah tersebut.

2.6.2 Kekurangan PLTPH

1. Tidak semua aliran air dapat digunakan untuk pembangunan PLTPH, karena faktor debit aliran sangat menentukan
2. Beberapa jenis turbin air sangat sensitif terhadap fluktuasi debit air.
3. Perlu konservasi daerah tangkapan air, terutama di daerah hulu sungai.
4. Biaya perijinan sebagai syarat untuk memperoleh *Power Purchase Agreement* (PPA) dalam membangun PLTPH juga masih relatif tinggi, padahal PPA merupakan syarat untuk memperoleh kredit dari perbankan.
5. Kemampuan teknisi lokal yang masih terbatas dan sering menimbulkan kesalahan yang fatal.
6. Biaya investasi untuk teknologi *pico hidro* masih tinggi.
7. Kurangnya sosialisasi PLTPH, terutama potensinya sebagai penggerak mekanis seperti pompa air, penggiling padi, dan lainnya.
8. Diperlukan sosialisasi mengenai dampak positif penerapan *mikro hidro* terhadap pengembangan kegiatan sosial ekonomi masyarakat pedesaan seperti industri kecil/rumah, perbengkelan, pertanian, peternakan, pendidikan.

2.7 Turbin Air

Dalam pembangkit listrik tenaga air (PLTA) turbin air merupakan peralatan utama selain generator. Turbin air adalah alat untuk mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini kemudian diubah menjadi

energy listrik oleh generator. Turbin air dikembangkan pada abad 19 dan digunakan secara luas untuk pembangkit tenaga listrik. Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik, turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi (Syahputra&Syukri&Sara 2017).

Turbin air adalah suatu alat yang mengubah energi air menjadi energi listrik. Energi air yang meliputi energi potensial termasuk komponen tekanan dan kecepatan aliran air yang terkandung didalamnya merubah menjadi energi kinetik untuk memutar turbin. Prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi.

Persamaan yang digunakan untuk daya mekanik turbin :

$$P_{in \text{ turbin}} = \rho \times Q \times h \times g$$

$$P_{out \text{ turbin}} = \rho \times Q \times h \times g \times \eta_{\text{turbin}}$$

$$P_{real} = \rho \times Q \times h \times g \times \eta_{\text{turbin}} \times \eta_{\text{generator}}$$

Keterangan :

$$P_{in \text{ turbin}} = \text{Daya masukan ke turbin (KW)}$$

$$P_{out \text{ turbin}} = \text{Daya keluaran dari turbin (KW)}$$

$$P_{real} = \text{Daya sebenarnya yang dihasilkan (KW)}$$

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

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

$$h = \text{Ketinggian efektif (m)}$$

Dalam menentukan bentuk turbin, debit sangat diperlukan untuk mengetahui luas penampang saluran air yang masuk ke dalam turbin tersebut, dimana luas

penampang dari saluran air yang masuk ke dalam turbin tergantung dari aliran air[7]. Hal tersebut sesuai dengan persamaan kontinuitas aliran fluida yang dialirkan pasti akan memiliki kecepatan aliran tertentu, hubungan kecepatan aliran dengan debit dan luas penampang dapat dituliskan dalam persamaan dibawah:

$$Q = A \times V \dots \dots \dots (7)$$

dimana :

$$Q = \text{Debit air, m}^3/\text{s}$$

$$V = \text{Kecepatan air, m/s } A = \text{Luas penampang, m}$$

2.7.1 Jenis-Jenis Turbin Air

1. Turbine Pelton

Turbin Pelton termasuk jenis turbin impuls yang merubah seluruh energi air menjadi energi kecepatan sebelum memasuki runner turbin. Perubahan energi ini dilakukan didalam nozzle dimana air yang semula mempunyai energi potensial yang tinggi diubah menjadi energi kinetis. Pancaran air yang keluar dari nozzle akan menumbuk bucket yang dipasang tetap sekeliling runner dan garis pusat pancaran air menyinggung lingkaran dari pusat bucket. Kecepatan keliling dari bucket akibat tumbukan yang terjadi tergantung dari jumlah dan ukuran pancaran serta kecepatannya. Kecepatan pancaran tergantung dari tinggi air di atas nozzle serta effisiensinya. Turbin pelton terdiri dari satu setu sudu jalan yang diputar oleh pancaran air yang disemprotkan oleh nozzle. Turbin pelton adalah salah satu dari jenis turbin air yang paling efisien, turbin pelton adalah turbin yang cocok digunakan untuk head tinggi. Bentuk sudu turbin terdiri dari 2 bagian yang simetris. Sudu dibentuk sedemikian sehingga pancaran air akan mengenai tengah sudu dan pancaran air tersebut akan berbelok ke kedua arah sehingga bisa

membalikkan pancaran air dengan baik dan membebaskan sudu dari gaya-gaya samping(Murdani 2019).



Gambar 2.15Turbin Pelton

Keuntungan turbin pelton :

1. Daya yang dihasilkan besar.
2. Konstruksi yang sederhana.
3. Mudah dalam perawatan.
4. Teknologi yang sederhana mudah diterapkan di daerah yang terisolir.

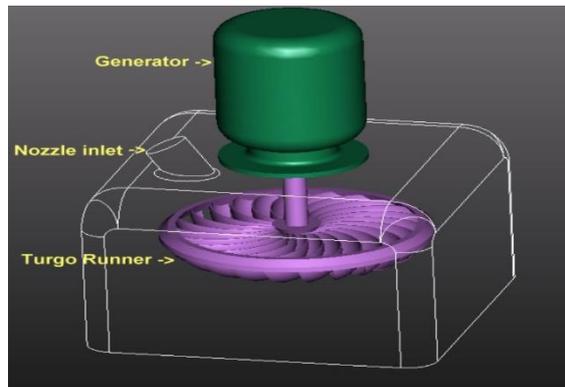
Kerugian turbin pelton :

Karena aliran air berasal dari atas maka biasanya reservoir air atau bendungan air, sehingga memerlukan investasi yang lebih banyak. Turbin pelton digolongkan ke dalam jenis turbin impuls atau tekanan sama. Karena selama mengalir di sepanjang sudu-sudu turbin tidak terjadi penurunan tekanan, sedangkan perubahan seluruhnya terjadi pada bagian pengarah pancaran atau nosel. Energi yang masuk ke roda jalan dalam bentuk energi kinetik.

2. Turbin Turgo

Turbin turgo dapat beroperasi pada head 30 s/d 300 m. Seperti turbin pelton turbin turgo merupakan turbin impulse, tetapi sudunya berbeda. Keuntungan dan

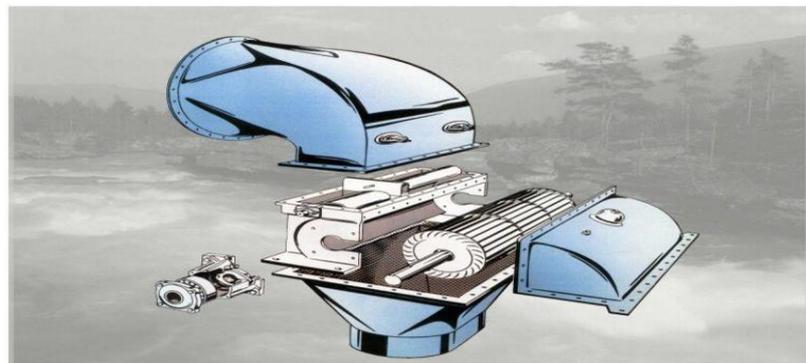
kerugian juga sama. Pancaran air dari nozzle membentuk sudut 20° . Kecepatan putar turbin turgo lebih besar dari turbin pelton. Akibatnya dimungkinkan transmisi langsung dari turbin ke generator sehingga menaikkan efisiensi total sekaligus menurunkan biaya perawatan.



Gambar 2.16 Turbin Turgo

3. Turbin CrossFlow

Turbin Cross-Flow adalah salah satu turbin air dari jenis turbin aksi (impulse turbine). Pemakaian jenis Turbin Cross-Flow lebih menguntungkan dibanding dengan penggunaan kincir air maupun jenis turbin mikro hidro lainnya. Penggunaan turbin ini untuk daya yang sama dapat menghemat biaya pembuatan penggerak mula sampai 50 % dari penggunaan

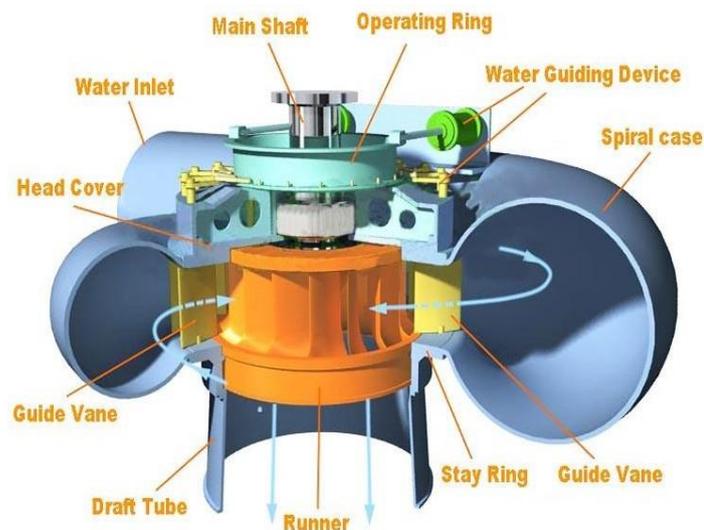


Gambar 2.17 Turbin Cross Flow

4. TurbinFrancis

Turbin Francis merupakan salah satu turbin reaksi. Turbin dipasang diantara sumber air tekanan tinggi di bagian masuk dan air bertekanan rendah di bagian keluar. Turbin Francis menggunakan sudu pengarah sudu pengarah mengarahkan air masuk secara tangensial turbin francis bekerja dengan memakai proses tekanan lebih.

Turbin yang dikelilingi dengan sudu pengarah semuanya terbenam dalam air, air yang masuk kedalam turbin dialirkan melalui pengisian air dari atas turbin (schact) atau melalui sebuah rumah yang berbentuk spiral (rumah keong). Semua roda jalan selalu bekerja. Daya yang dihasilkan turbin diatur dengan cara mengubah posisi pembukaan sudu pengarah. Pembukaan sudu pengarah dapat dilakukan dengan tangan atau dengan pengatur dari oli tekan(governor tekanan oli), dengan demikian kapasitas air yang masuk ke dalam roda turbin bisa diperbesar atau diperkecil.

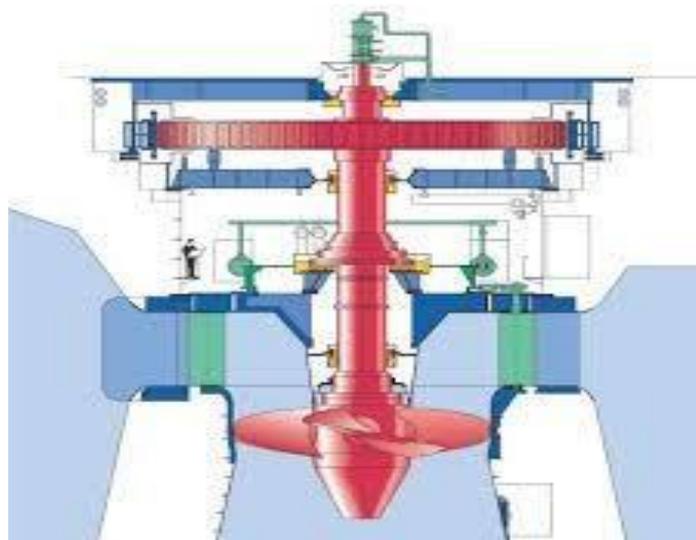


Francis Turbine

Gambar 2.18 Turbin Francis

5. Turbin Kaplan Propeller

Turbin Kaplan termasuk kelompok turbin air reaksi jenis baling-baling (propeller) keistimewaannya adalah sudut sudu geraknya (runner) bisa diatur (adjustable blade) untuk menyesuaikan dengan kondisi aliran saat itu yaitu perubahan debit air pada pemilihan turbin didasarkan pada kecepatan spesifiknya. Turbin Kaplan ini memiliki kecepatan spesifik tinggi (high specific speed). Turbin kaplan bekerja pada kondisi head rendah dengan debit besar . Pada perancangan turbin Kaplan ini meliputi perancangan komponen utama turbin Kaplan yaitu sudu gerak (runner), sudu pengarah (guide vane), spiral casing , draft tube dan mekanisme pengaturan sudut bilah sudu gerak.



Gambar 2.19 Turbin Kaplan Propeller

2.8 Kincir Air

Kincir air merupakan suatu alat yang berputar karena adanya aliran air. Perputaran kincir ini dimanfaatkan untuk menggerakkan generator listrik. Dengan demikian akan dihasilkan aliran listrik yang dapat di pakai untuk berbagai kebutuhan. Yang pembuatannya paling banyak di tiru, yang bekerja memanfaatkan tinggi jatuh air (H) dan kapasitas air (V). Tenaga air yang mengalir akan menumbuk sudut-sudut dari kincir, sehingga kincir menerima sejumlah gaya yang bekerja menyebabkan kincir bergerak. Pada proses kerja kincir air pembangkit listrik sampai pada pemakaian listrik terjadi beberapa perubahan energi. Pertama adalah perubahan energy potensial yang ada didalam aliran air menjadi energy mekanik (gerak) oleh kincir. Kedua energi mekanik ini akan memutar generator, akibat perputaran generator terjadilah lompatan elektron.

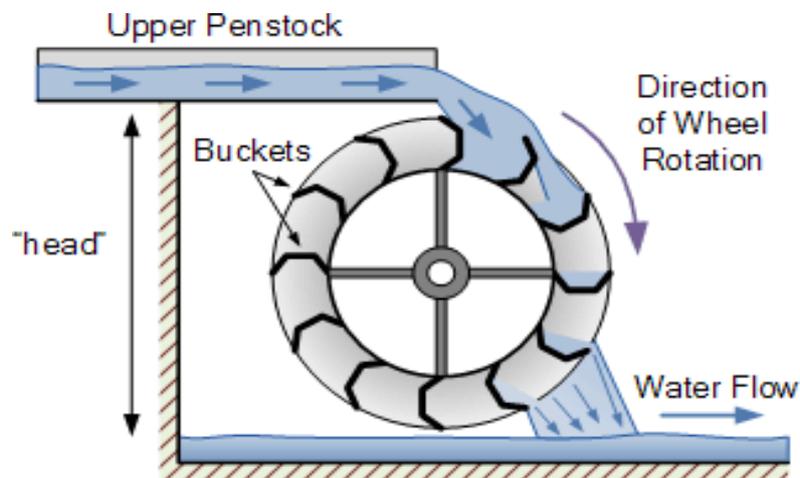
2.8.1 Jenis-Jenis Kincir Air

a. *Overshoot*

Kincir air *overshot* bekerja bila air yang mengalir jatuh ke dalam bagian sudut-sudut sisi bagian atas, dan karena gaya berat air roda kincir berputar. Kincir air *overshot* adalah kincir air yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan jenis kincir air yang lain.

Keuntungan dari turbin *overshot* :

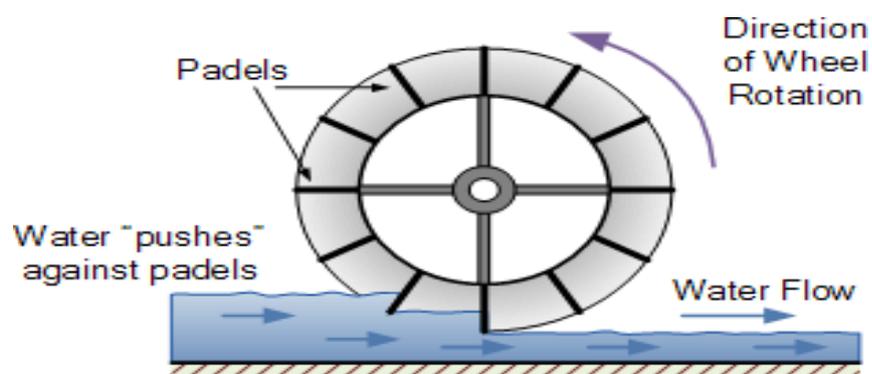
1. Tingkat efisiensi yang tinggi dapat mencapai 85%.
2. Tidak membutuhkan aliran yang deras.
3. Konstruksi yang sederhana.
4. Mudah dalam perawatan.
5. Teknologi yang sederhana mudah diterapkan di daerah yang terisolir.



Gambar 2.20 *Overshoot Water Wheel*

b. Undershot

Pada kincir air *undershot* jenis ini, air masuk ke dalam bentuk pancaran air menumbuk sudu gerak yang membentuk *vanes*, di posisi roda kincir sewaktu berada di bawah atau dasar. Roda kincir berputar hanya karena tumbukan air yang membentuk pancaran air pada sudu gerak. *Head* potensial dari air mula-mula diubah menjadi *head* kecepatan sebelum air menumbuk sudu gerak (Prayatmo,2007)

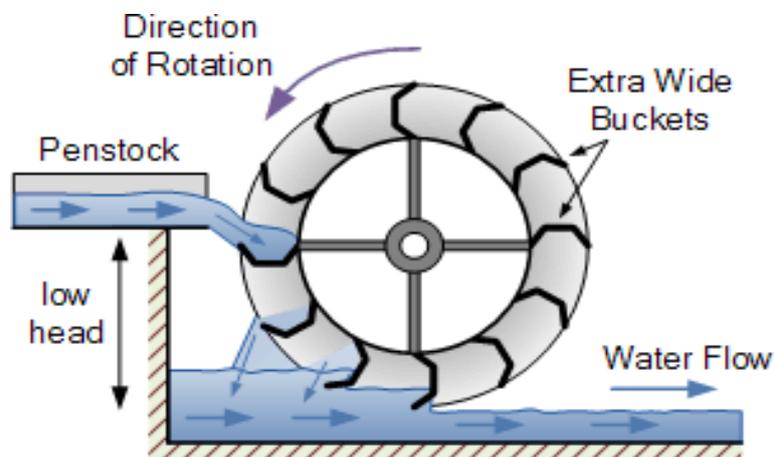


Gambar 2.21 *Undershot Water Whell*

c. *Breastshot*

kincir air ini termasuk kedalam sudu gerak di ketinggian tengah-tengah roda kincir (*breast*). Roda kincir digerakkan oleh kombinasi gaya berat air dan dorongan air. Air dialirkan dari permukaan atas (*headrace*) masuk ke sudu gerak dari roda kincir melalui sejumlah saluran yang dibuka dan ditutup melalui mekanisme *rack* dan *pinion*, dan dirancang agar tidak timbul kejutan pada aliran. *Bucket* bergerak ke arah bawah karena gaya berat air dan memutar roda kincir.

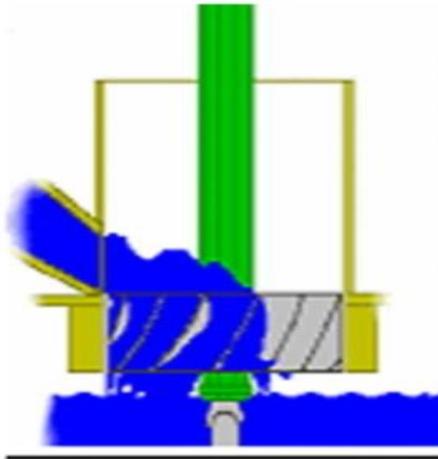
Beberapa hal khusus dari rancangan kincir air jenis *breastshot* adalah sebagian dari bawah roda kincir terendam atau berada dibawah permukaan air bawah (*tail race*) karena gerakan kearah yang sama dari roda kincir dan aliran permukaan air bawah, maka sewaktu air mengalir lebih lanjut akan membantu memutar roda kincir.



Gambar 2.22 *Breastshot Water Wheel*

d. Tub

Kincir air Tub ini merupakan kincir air yang kincirnya di letakkan secara horizontal dan sudu – sudunya miring terhadap garis vertical, dan type ini dapat di buat lebih kecil dari pada overshoot maupun undershot. Karena arah gaya dari pancaran air menyamping maka energi yang di terima oleh kincir yaitu energy potensial dan kinetic.



Gambar 2.23 *Tub Water Wheel*

2.9 PompaAir

Pompa merupakan mesin konversi energi yang mengubah bentuk energi mekanik poros menjadi energi spesifik (*head*) fluida yang memiliki wujud air. Energi mekanik pompa yang menunjukkan kemampuan dari suatu pompa mengangkat fluida untuk mencapai ketinggian tertentu adalah berupa *head* pompa, ditunjukkan oleh besarnya perbedaan antara energi fluida di sisi isap dengan energi fluida di sisi tekan. Energi fluida merupakan jumlah dari energi tekanan, energi kinetik dan energi karena elevasi[9].

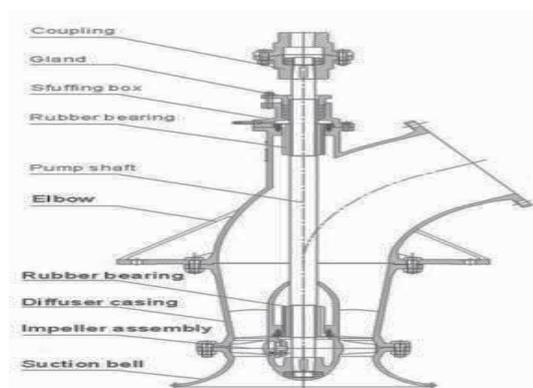
Spesifikasi pompa dinyatakan dengan jumlah fluida yang dapat dialirkan persatuan waktu (debit atau kapasitas pompa) dan *head* (tinggi energi angkat). Pada umumnya pompa dapat digunakan untuk bermacam-macam keperluan,

untuk menaikkan fluida ke sebuah *reservoir*, untuk mengalirkan fluida dalam proses industry, untuk pengairan, irigasi, dan sebagainya. Secara umum pompa sentrifugal banyak digunakan untuk bidang industri, karena pompa sentrifugal ini mempunyai banyak kepentingan seperti pemindahan fluida dari satu tempat ke tempat yang lain.

Pada industri minyak bumi, sebagian besar pompa yang digunakan dalam fasilitas *gathering station*, suatu unit pengumpul fluida dari sumur produksi sebelum diolah dan dipasarkan dengan menggunakan pompa bertipe sentrifugal. Pada industri perkapalan pompa sentrifugal juga banyak digunakan untuk memperlancar proses kerja di kapal. Dalam pelaksanaan operasinya pompa sentrifugal juga dapat bekerja secara tunggal, seri, dan paralel. Jenis operasi yang digunakan harus sesuai dengan tujuan dan kebutuhan penggunaan instalasi pompa.

1. Pompa Aksial

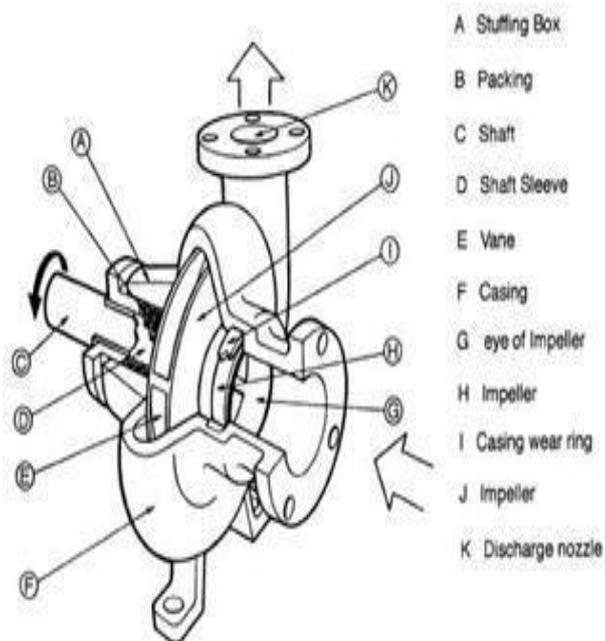
Prinsip kerja dari pompa ini adalah berputarnya impeler akan menghisap fluida yang dipompakan dan menekannya ke sisi tekan dalam arah aksial. Pompa ini cocok untuk aplikasi yang membutuhkan *head* rendah dan kapasitas tinggi, seperti pada sistem pengairan.



Gambar 2.24 Pompa Aksial

2. Pompa Sentrifugal

Elemen pokok dari pompa ini adalah sebuah rotor dengan sudu-sudu yang berputar pada kecepatan tinggi. Fluida yang masuk dipercepat oleh impeler yang menaikkan tekanan maupun kecepatannya, dan melempar fluida keluar melalui *volute* atau rumah siput. Pompa ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan *head* medium sampai tinggi dengan kapasitas aliran medium. Dalam aplikasinya, pompa sentrifugal banyak digunakan untuk proses pengisian air pada ketel dan pompa rumah tangga. Bagian-bagian dari pompa sentrifugal adalah *stuffling box*, *packing*, *shaft*, *shaft sleeve*, *vane*, *casing*, *eye of impeller*, *impeller*, *casing wear ring* dan *dischargenozzle*.

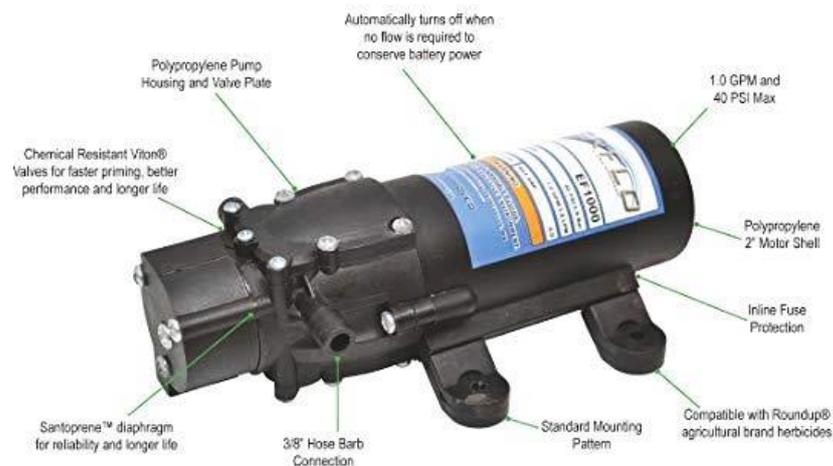


Gambar 2.25 Pompa Sentrifugal

2.9.1. Mini Water Pump

Pompa Air Mini model diafragma ini memiliki manfaat cukup banyak seperti sebagai pompa pengairan rumah tangga, pompa air untuk aquarium, taman atau teras, sebagai pemompa air untuk pancuran kolam, dan lain lain. Jadi, bagi Anda yang sedang mencari pompa air, maka mini water pump dapat anda gunakan untuk segala macam kebutuhan pompa air dirumah Anda. Pompa air ini cocok untuk project controller / arduino desain kecil dan praktis. Pompa air ini termasuk dalam kategori pompa air fleksibel karena memiliki desain yang cukup kecil yakni berukuran sekitar 90 x 40 x 35 mm serta juga proses pemasangan yang juga cukup mudah dan praktis sehingga Anda tidak perlu memancing hisapan awal pompa ini dengan menggunakan air.

Pompa air ini memang tidak membutuhkan daya listrik yang cukup besar, tercatat *pompa air mini 12 V* ini hanya membutuhkan daya listrik sekitar 12 volt ketika bekerja dan 6 volt ketika tidak digunakan dan juga hanya membutuhkan sekitar 0,5 hingga 0,7 ampere ketika pompa air sedang bekerja dan bilamana pompa air ini tidak bekerja hanya membutuhkan daya sekitar 0,18ampere.



Gambar 2.26 Mini Water Pump

2.9.2 Motor Penggerak Mini WaterPump

Motor penggerak yang digunakan pada *mini water pump* adalah berjenis *using 775 motor* berguna untuk memutar kipas *impeller* yang dapat menghisap air dari pipa *inlet* yang terhubung dengan selang berdiameter sesuai dengan lubang *inlet* pada *mini water pump* masuk kedalam rumah pompa dan mengalirkannya menuju *outlet* untuk di alirkan melalui *sprayer gun*.



Gambar 2.27 Using 775 Motor

2.9.3. Generator

Generator merupakan mesin pembangkit daya listrik yang menerima putaran dari turbin, atau mengubah putaran menjadi energi listrik. Generator adalah suatu peralatan yang berfungsi mengubah energi mekanik menjadi energi listrik.

Jenis generator yang digunakan pada pembangkit listrik yaitu :

- a. Generator sinkron, sistem eksitasi tanpa sikat (*brushless excitation*) dengan penggunaan dua tumpuan bantalan (*two bearing*). Generator sinkron merupakan mesin listrik bolak-balik yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik arus bolak balik. Energi mekanik diperoleh dari penggerak mula (*prime mover*) yang terkopel dengan rotor generator, sedangkan energi listrik diperoleh dari proses induksi elektromagnetik yang melibatkan kumparan rotor dan kumparan

stator. Mesin listrik AC ini disebut sinkron karena rotor berputar secara sinkron atau berputar dengan kecepatan yang sama dengan kecepatan yang sama dengan kecepatan medan magnet putar.

- b. *Induction Motor as Generator* (IMAG) sumbu vertical, pada perencanaan turbin *propelleropen flume*. Generator induksi merupakan salah satu jenis generator AC yang menerapkan prinsip motor induksi untuk menghasilkan daya. Generator induksi dioperasikan dengan menggerakkan rotornya secara mekanis lebih cepat dari pada kecepatan sinkron sehingga menghasilkan slip negatif. Motor induksi biasa umumnya dapat digunakan sebagai sebuah generator tanpa ada modifikasi internal.

Generator induksi adalah generator yang menggunakan prinsip induksi elektro magnetik dalam pengoperasiannya. Generator ini dapat bekerja pada putaran rendah serta tidak tetap kecepatannya, sehingga generator induksi banyak digunakan pada pembangkit listrik dengan daya yang rendah seperti pada pembangkit listrik tenaga *pico hidro* atau pembangkit listrik tenaga baru.

Generator merupakan salah satu mesin listrik yang mengubah energi gerak atau mekanik menjadi energi listrik. generator terdiri dari generator sinkron dan generator asinkron. Secara umum, generator yang digunakan untuk menghasilkan listrik berjenis generator sinkron. Dan pada dasarnya prinsip kerja generator dalam mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik adalah berdasarkan hukum Faraday dan hasil penelitian Faraday menunjukkan bahwa apabila seutas kawat ataupun kumparan konduktor berada dalam medan magnet yang berubah terhadap waktu, maka pada ujung-ujung kawat ataupun kumparan konduktor tersebut

akan timbul tegangan atau gaya gerak listrik (GGL) induksi. Besarnya tegangan atau ggl induksi dapat dihitung pada persamaan berikut :

$$E_{rms} = \sqrt{\quad} = \sqrt{\quad} \times N \times f \times \Phi_{max}$$

Keterangan :

E_{rms} = Tegangan induksi (V)

N =Jumlah lilitan per kumparan

f = Frekuensi (Hz)

Φ_{max} =Fluks magnet (Wb)

N_s =Jumlah kumparan

N_p =Jumlah fasa

Daya dapat dihitung menggunakan persamaan

$$P = V \cdot I \cdot \cos\theta$$

Keterangan :

P =Daya aktif (W)

V =Tegangan (V)

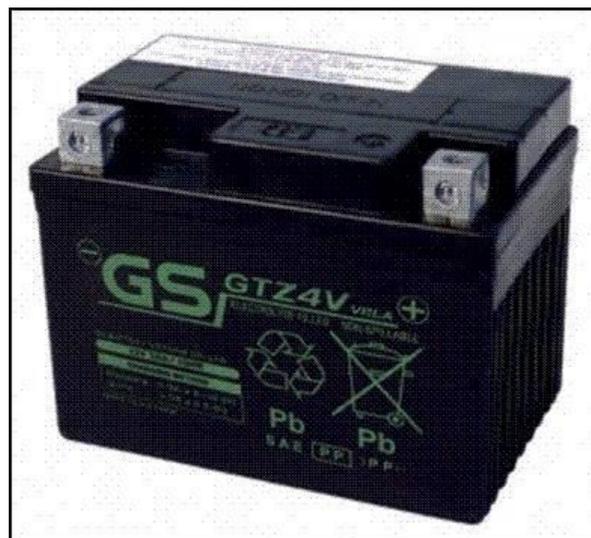
I =Arus (A)



Gambara 2.28 Rangkaian Dioda Rectifier 3 pasha

2.10 Baterai

Baterai adalah salah satu komponen penyimpan energi yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi kimia dan energi kimia menjadi energi listrik. Untuk baterai 12 Volt nominal biasanya terdiri dari 6 sel dengan masing-masing sel memiliki tegangan 2 Volt. Jumlah tenaga listrik yang disimpan di dalam baterai dapat digunakan sebagai sumber tenaga listrik tergantung pada kapasitas baterai dalam satuan ampere jam (AH). Jika pada kotak baterai tertulis 12 volt 60 AH, berarti baterai tersebut mempunyai tegangan 12 volt dimana jika baterai tersebut digunakan selama 1 jam dengan arus pemakaian 60 ampere, maka kapasitas baterai tersebut setelah 1 jam akan habis. Dan jika pemakaian hanya 30 ampere maka baterai tersebut akan habis setelah 2 jam. Disini terlihat bahwa lamanya pengosongan baterai ditentukan oleh besarnya pemakaian arus listrik dari baterai tersebut. Semakin besar arus yang digunakan, maka akan semakin cepat terjadi pengosongan pada baterai, dan sebaliknya jika semakin kecil arus yang digunakan, maka akan semakin lama terjadi pengosongan pada baterai.



Gambar 2.29 Baterai 12 V

2.10.1 Faktor-Faktor Ketahanan Baterai

a. Pengaruh Temperatur

Temperatur yang tinggi di sebabkan karena terjadinya pensulfatan dan akibat pengisian berlebihan. Pensulfatan akibat dari *self discharge* di mana pada pelat timbul kristal timah sulfat halus dan lama-kelamaan akan mengeras. Tanda-tanda terjadinya pensulfatan adalah:

- 1) Terjadinya panas yang berlebihan.
- 2) Pembentukan gas yang cepat saat di beri arus pengisian yang besar

b. Pengurangan Elektrolit yang cepat.

1) *OverCharging*

Pengisian berlebihan (*over charging*) menyebabkan elektrolit cepat berkurang karena penguapan berlebihan.

2) *Self-Discharge*

Besarnya *self-discharge* akan naik begitu temperatur dan berat jenis elektrolit dan kapasitas baterai tinggi.

3) *Gassing*

Energi listrik di isikan ke dalam sel dari sumber pengisi baterai DC tidak dapat lama di gunakan untuk perubahan kimia pada bahan elektrode aktif, dan oleh sebab itu menyebabkan penguraian elektrolit pada air (Daryanto, 2001).

4) Penguapan

Iklim tropis dan letak baterai dekat mesin menjadi faktor penguapan elektrolit yang tinggi (Wan Ahmad Aziz, 2004) .

5) Korosi pada plat positif

Korosi timah positif dan masa hidup baterai dapat di amati pada tingkat korosi sebanyak kadar keasaman dari penyusutan elektrolit.

c. Contoh Perhitungan berapa lama aki dapat mem-*backup* beban : Rumus dasar:

$$P = V \times I \quad V = P/I$$

$$I = P/V$$

Contoh dalam perhitungan : dimana,

I = Kuat Arus (Ampere) P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt) Misalnya :

Beban 50 Watt.

Aki yang digunakan 12 V/50 Ah.

Maka didapat :

$$I = 50 \text{ W}/12 \text{ V} = 4,167 \text{ Ampere}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu pemakaian} &= 50 \text{ Ah}/4,167 \text{ A} = 11,99 \text{ jam} - \text{dieffisiensi Aki sebesar } 20 \% \\ &= 11,99 \text{ jam} - 2,398 \text{ jam} \\ &= 9,592 \text{ Jam (9 Jam 35 Menit 31,2} \end{aligned}$$

Detik) Kesimpulan lama ketahanan aki ditentukan oleh besarnya kapasitas ampere aki dan berapa watt beban

2.11 Pengertian kecepatan, arus dan tegangan

2.11.1 Pengertian dari kecepatan adalah besarnya perpindahan yang dilakukan oleh suatu benda dalam satu satuan waktu.

Kecepatan bisa dirumuskan sebagai berikut ini:

$$\boxed{v = \frac{s}{t}} \dots\dots\dots(7)$$

dimana:

v = besar kecepatan rata-rata benda (m/s)

s = besar perpindahan benda (m)

t = selang waktu (s)

2.11.2 Arus adalah aliran elektron dari atom ke atom yang terjadi pada sebuah penghantar dengan kecepatan dalam waktu tertentu. Timbulnya arus listrik dikarenakan adanya beda potensial pada kedua ujung penghantar yang terjadi karena mendapatkan suatu tenaga untuk mendorong elektron-elektron tersebut berpindah-pindah tempat, sehingga terdapat persamaan muatan listrik, arus listrik, dan waktu, dengan rumus sebagai berikut:

$$I = Q \times T \dots\dots\dots(8)$$

Dimana :

I = Kuat arus listrik (A)

Q = Banyaknya muatan Listrik (Coulomb)

T = waktu (s).

2.11.3 Tegangan merupakan energi listrik yang diperlukan untuk mengalirkan muatan listrik dari ujung-ujung penghantar. Dengan kata lain, listrik memerlukan tegangan agar bisa mengalir. Mengutip buku *Rumus Lengkap Fisika SMP* oleh Drs. J. Untoro, tegangan atau potensial listrik adalah besarnya energi muatan listrik (W) tiap satuan muatan listrik (q) sehingga potensial dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$V = W \times Q \dots\dots\dots(9)$$

dimana:

V = potensial listrik (Volt = V)

W = energi muatan listrik (Joule = J)

Q = muatan listrik (Coulomb = C)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Glugur Darat II Medan. Waktu penelitian di rencanakan berlangsung selama lebih kurang 3 (tiga) bulan, dimulai dari perencanaan bahan, perancangan bahan, perakitan bahan, penyesuaian bahan, pengujian, dan pengambilan data dari seluruh rangkaian selama pengujian.

3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat di uraikan sebagai berikut :

3.2.1 Peralatan Penelitian

1. Multimeter berfungsi sebagai alat yang digunakan untuk mengukur tegangan (V) dan arus listrik (A).
2. Anemometer berfungsi untuk mengukur kecepatan angin dan juga dapat menentukan arah mata angin.
3. Tang Ampere Meter berfungsi sebagai alat yang digunakan untuk mengukur tegangan (V), hambatan/resistansi (Ohm), arus listrik(A), tanpa harus memotong kabel listrik.
4. Tachometer berfungsi untuk mengukur putaran turbin angin.
5. Tools kit (Berisikan Peralatan pendukung seperti : Tang Pengelupas Kabel, Tang Skun Kabel, Tang Pemotong, Tang Cucut, Tang Kombinasi, Obeng Plus Minus, dan lain sebagainya).

3.2.2 Bahan Penelitian

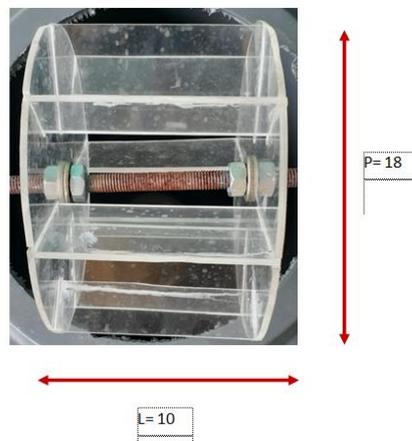
1. Baling-baling kipas berbentuk vertikal berfungsi menangkap datangnya laju angin dan mengubah hembusan angin menjadi energy gerak yang akan memutar alternator.
2. Generator DC berfungsi sebagai pembangkit tenaga listrik yang digunakan untuk mensuplay kebutuhan listrik yang akan dibandingkan dengan alternator mobil.
 - a. 8 inchi servo hub motor whell parameter utama
 - b. nilai tegangan: 24v, 36v, 48v
 - c. berat motor: 3kg
 - d. efisiensi: 83%
 - e. kutub: 15 pasang
 - f. nilai daya: 100w-350w
 - g. nilai kecepatan: 300-600RPM
 - h. nilai troque: 5N.m (puncak: 34A)
 - i. nilai saat ini: 3-17A (puncak: 34A)
 - j. diameter: 200mm
 - h. jenis encoder: 1024ppr optical incremental encoder
3. Charge Controller berfungsi mengontrol arus untuk pengisian ke baterai sehingga tidak terjadi overcharging (kelebihan pengisian daya karena baterai sudah penuh) dan kelebihan voltase dari alternator.
4. Batteray (aki) berfungsi sebagai penyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia atau konversi energi yang bekerja berdasarkan prinsip elektrokimia.

5. Inverter berfungsi mengubah tegangan listrik DC (Direct Current) menjadi tegangan listrik AC (Alternating Current).
6. kabel listrik jenis NYAF ukuran 1 x 2,5 mm² berfungsi untuk menghantarkan aliran listrik dari sumber listrik menuju ke perangkat pengguna listrik.
7. Papan berfungsi sebagai penempatan komponen kelistrikan.

3.2.3 Perancangan Alat PICO-HIDRO

Untuk mendapatkan hasil yang optimal dari analisa pengujian maka dilakukan beberapa percobaan diantaranya :

1. Perakitan Alat PICO-HIDRO
2. Pengukuran Tegangan dan Arus
3. Pengukuran kecepatan turbin



Gambar 3.2 Turbin Air dirancang dari Akrilit



Gambar 3.3 Ember Tempat Penampungan Air



Gambar 3.4 Pompa Air DC 12 Volt

3.3 Metode Penelitian

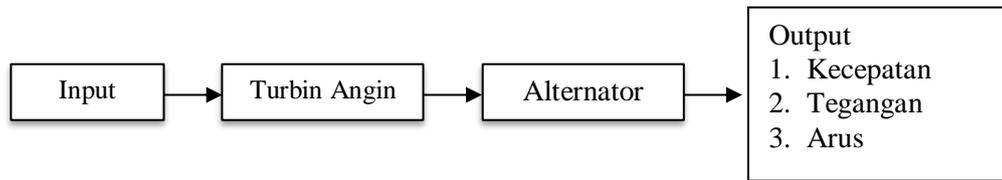
Tahap yang dilakukan pada penelitian ini adalah studi literatur, menganalisa perbandingan tegangan dan arus pada PLTA dan PLTPH. Studi Literatur dimaksudkan untuk mempelajari berbagai sumber referensi atau teori dari (jurnal dan internet) yang berkaitan dengan menganalisa perbandingan hasil keluaran PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Angin) dan PLTPH (Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro).

3.3.1 Studi Literatur

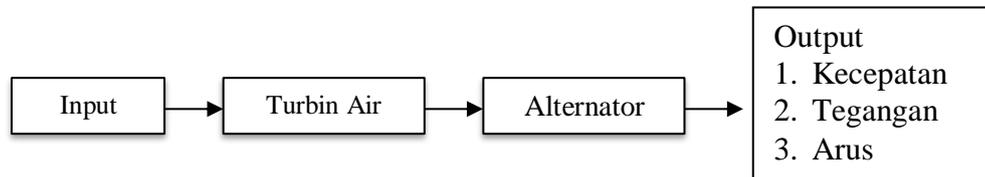
Studi Literatur dimaksudkan untuk mempelajari berbagai sumber referensi atau teori dari (jurnal dan internet) yang berkaitan dengan perbandingan hasil pengujian pada PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) dan PLTPH (Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro) menggunakan alternator.

3.4 Diagram Blok Alat

Diagram blok dari pengujian pada PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) dan PLTPH (Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro) menggunakan alternator dapat dilihat pada gambar 3.1 dan 3.2 berikut :



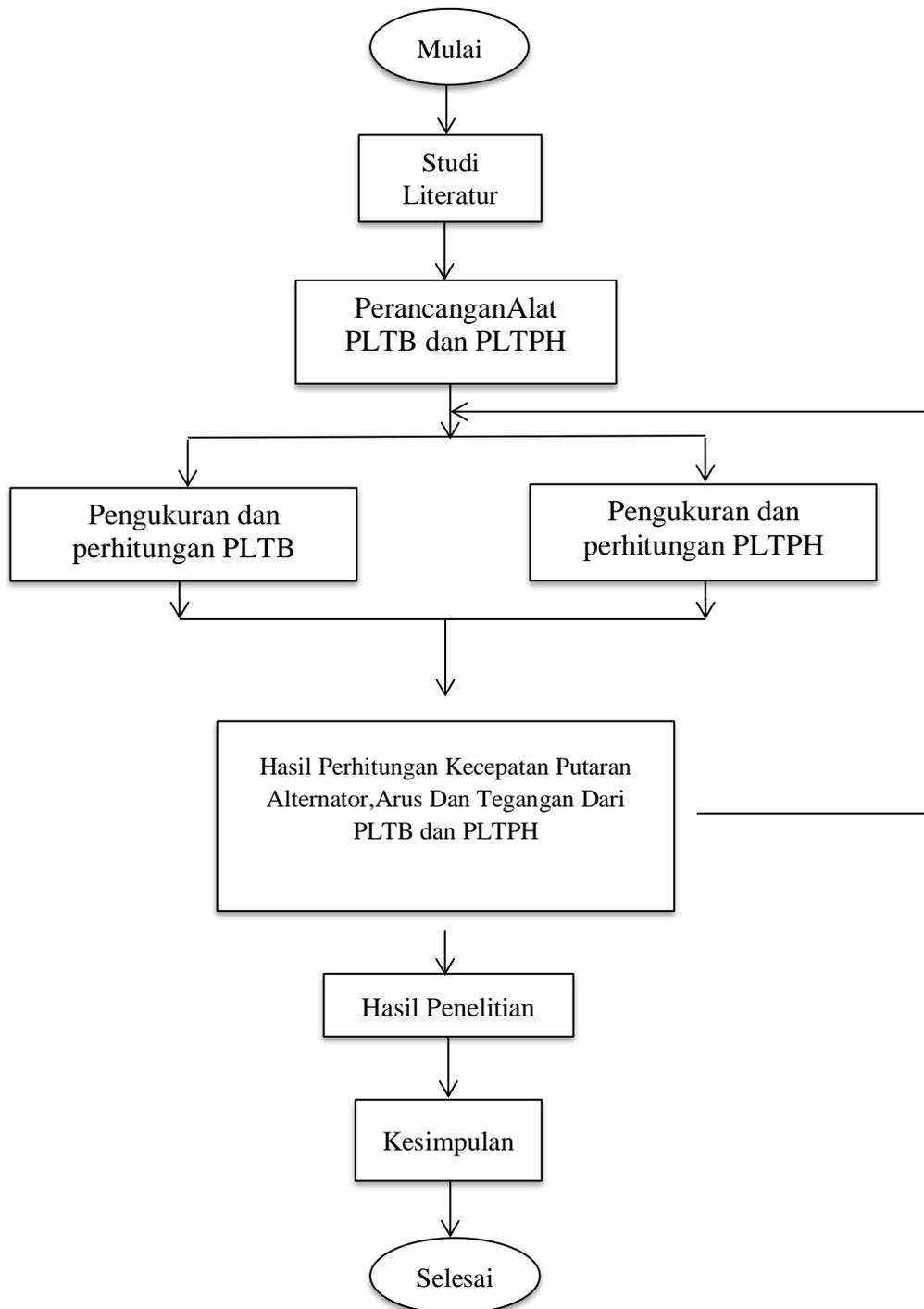
Gambar 3.5 Diagram Blok PLTB



Gambar 3.6 Diagram Blok PLTPH

3.5 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir (*flowchart diagram*) untuk mempermudah memahami perancangan alat ini sebagai berikut:



Gambar 3.7 Flowchart

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Umum

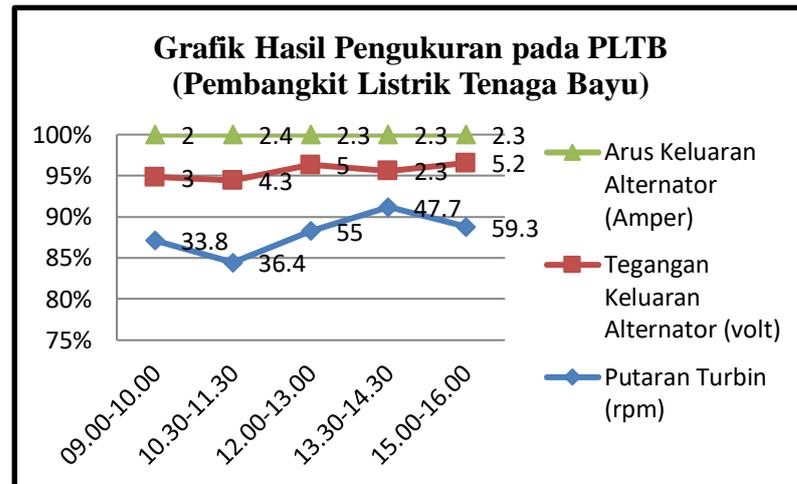
Tugas akhir ini bertujuan untuk melihat perbedaan hasil pengukuran yang didapat dengan menggunakan pada PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) dan PLTPH (Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro) menggunakan alternator mobil. Perbandingan yang di lihat adalah perbandingan Tegangan, arus dan putaran turbin angin yang di dapat dari menggunakan pada PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) dan PLTPH (Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro) menggunakan alternator mobil. Hasil pengukuran diperoleh dengan mengamati hasil pengukuran tegangan, arus dan kecepatan.

4.2 Hasil Pengujian pembangkit listrik tenaga angin menggunakan alternator mobil

Dalam pengujian pembangkit listrik tenaga angin yang menggunakan alternator mobil sebagai pengujian pertama. Dengan hembusan angin alternator mobil yang digunakan dapat bergerak dengan penggerak utamanya turbin angin dan akan menghasilkan energi listrik. Data yang dihasilkan oleh alternator mobil dapat kita lihat dari tabel 4.1 dibawah ini :

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran pada PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu)

| NO | Waktu Pengujian (WIB) | Putaran Turbin (rpm) | Tegangan Keluaran Alternator (volt) | Arus Keluaran Alternator (Amper) |
|-----------|------------------------------|-----------------------------|--|---|
| 1 | 09.00-10.00 | 33,8 | 3 | 2 |
| 2 | 10.30-11.30 | 36,4 | 4,3 | 2,4 |
| 3 | 12.00-13.00 | 55 | 5 | 2,3 |
| 4 | 13.30-14.30 | 47,7 | 2,3 | 2,3 |
| 5 | 15.00-16.00 | 59,3 | 5,2 | 2,3 |



Gambar 4.1 Grafik Hasil Pengukuran pada PLTB

Dapat kita lihat dari tabel diatas perubahan yang terjadi dari kecepatan angin yang memutar turbin angin yang menjelaskan pada saat pengujian memperoleh putaran turbin angin 33,8 RPM, tegangan 3 Vdc dan arus 2 Adc. Kecepatan putaran turbin angin 36,4 RPM, tegangan 4,3 Vdc dan arus 2,4 Adc. Kecepatan putaran turbin angin 55 RPM, tegangan 5 Vdc dan arus 2,3 Adc. Kecepatan putaran turbin angin 47,6 RPM, tegangan 4,5 Vdc arus 2,3 Adc. Kecepatan putaran turbin angin 59,3 RPM, tegangan 5,2 Vdc dan arus 2,3 Adc. Tegangan rata-rata alternator yang diuji dari jam 09.00 sampai dengan jam 19.00 adalah :

$$V_{(rata-rata)} = \frac{\sum V}{n}$$

$$V_{(rata-rata)} = \frac{3+4,3+5+4,5+5,2}{5}$$

$$V_{(rata-rata)} = 4,4 \text{ Volt}$$

Arus keluaran rata-rata alternator yang diuji dari jam 09.00 sampai dengan jam 19.00 adalah :

$$I_{(rata-rata)} = \frac{\Sigma I}{n}$$

$$I_{(rata-rata)} = \frac{2,4+2,4+2,3+2,3+2,3}{5}$$

$$I_{(rata-rata)} = 2,3 \text{ Amper}$$

Putaran turbin angin rata-rata alternator yang diuji dari jam 09.00 sampai dengan jam 19.00 adalah :

$$\text{Putaran}_{(rata-rata)} = \frac{\Sigma \text{Putaran}}{n}$$

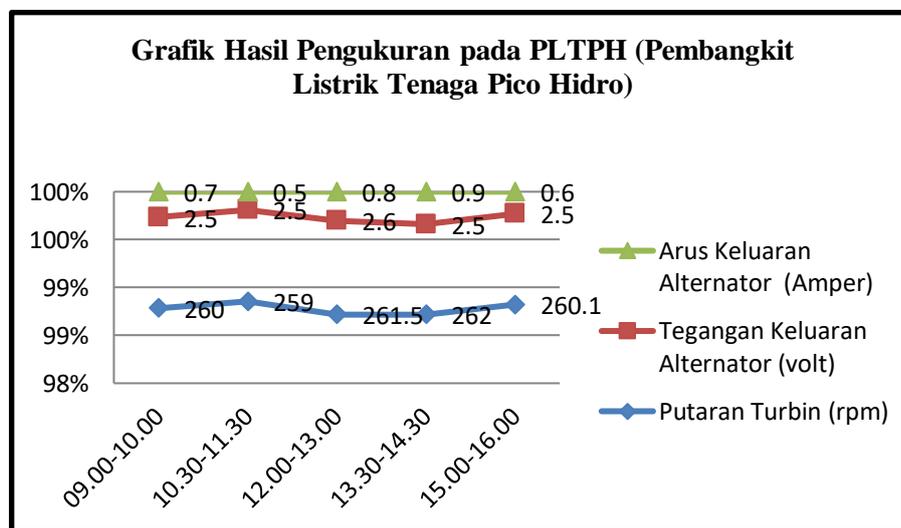
$$\text{Putaran}_{(rata-rata)} = \frac{33,8+36,4+55+47,6+59,3}{5}$$

$$\text{Putaran}_{(rata-rata)} = 46,4 \text{ Rpm}$$

Sedangkan dalam pengujian PLTPH (Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro) yang menggunakan alternator mobil sebagai pengujian kedua. Dengan kecepatan air dari nozel yang memutar turbin air maka alternator mobil yang digunakan dapat bergerak dengan penggerak utamanya turbin air dan akan menghasilkan energi listrik. Data yang dihasilkan oleh alternator mobil dapat kita lihat dari tabel 4.2 dibawah ini :

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran pada PLTPH (Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro)

| NO | Waktu Pengujian (WIB) | Putaran Turbin (rpm) | Tegangan Keluaran Alternator (volt) | Arus Keluaran Alternator (Amper) |
|----|-----------------------|----------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 09.00-10.00 | 260 | 2,5 | 0,7 |
| 2 | 10.30-11.30 | 259 | 2,5 | 0,5 |
| 3 | 12.00-13.00 | 261,5 | 2,6 | 0,8 |
| 4 | 13.30-14.30 | 262 | 2,5 | 0,9 |
| 5 | 15.00-16.00 | 260,1 | 2,5 | 0,6 |



Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengukuran pada PLTPH

Dapat kita lihat dari tabel diatas perubahan yang terjadi dari kecepatan air yang memutar turbin air yang menjelaskan pada saat pengujian memperoleh putaran turbin air 260 Rpm, tegangan 2,5 Vdc dan arus 0,7 Adc. Kecepatan putaran turbin air 259 Rpm, tegangan 2,5 Vdc dan arus 0,5 Adc. Kecepatan putaran turbin air 261,5 Rpm, tegangan 2,6 Vdc dan arus 0,8 Adc. Kecepatan putaran turbin air 262 Rpm, 2,5 Vdc arus 0,9 Adc. Kecepatan putaran turbin air 260,1 Rpm tegangan 2,5 Vdc dan arus 0,6 Adc.

Tegangan rata-rata alternator yang diuji dari jam 09.00 sampai dengan jam 19.00 adalah :

$$V_{(rata-rata)} = \frac{\Sigma V}{n}$$

$$V_{(rata-rata)} = \frac{2,5+2,5+2,6+2,5+2,5}{5}$$

$$V_{(rata-rata)} = 2,5 \text{ Volt}$$

Arus keluaran rata-rata alternator yang diuji dari jam 09.00 sampai dengan jam 19.00 adalah :

$$I_{(rata-rata)} = \frac{\Sigma I}{n}$$

$$I_{(rata-rata)} = \frac{0,7+0,5+0,8+0,9+0,6}{5}$$

$$I_{(rata-rata)} = 0,7 \text{ Amper}$$

Putaran turbin angin rata-rata alternator yang diuji dari jam 09.00 sampai dengan jam 19.00 adalah :

$$\text{Putaran}_{(rata-rata)} = \frac{\Sigma \text{Putaran}}{n}$$

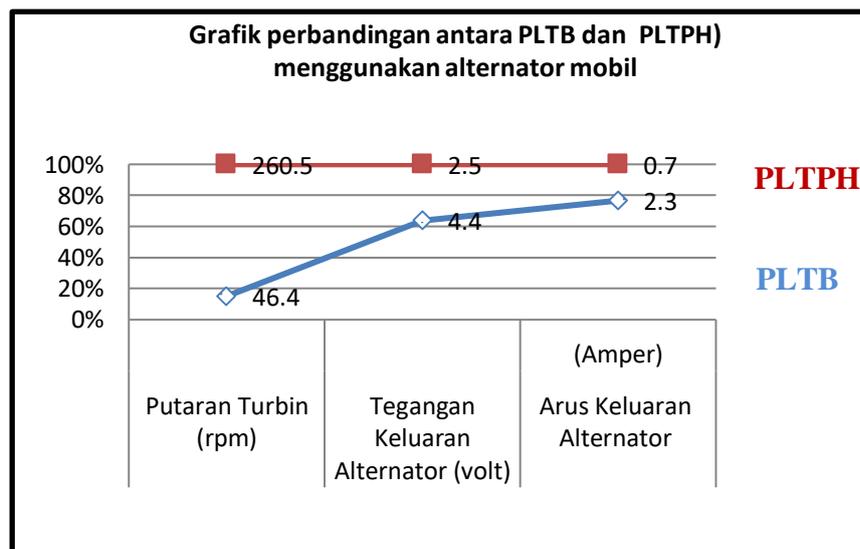
$$\text{Putaran}_{(rata-rata)} = \frac{260+259+261,5+262+260,1}{5}$$

$$\text{Putaran}_{(rata-rata)} = 260,5 \text{ Rpm}$$

Maka hasil analisa perhitung di dapat perbandingan antara PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) dan PLTPH (Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro) menggunakan alternator mobil pada tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.3 Hasil perbandingan antara PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) dan PLTPH (Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro) menggunakan alternator mobil

| NO | Uraian Alat | Putaran Turbin (rpm) | Tegangan Keluaran Alternator (volt) | Arus Keluaran Alternator (Amper) |
|----|--------------|----------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| 1 | PLTB | 46,4 | 4,4 | 2,3 |
| 2 | PLTPH | 260,5 | 2,5 | 0,7 |



Gambar 4.3 Grafik Hasil Perbandingan PLTB dan PLTPH menggunakan alternator mobil

Berdasarkan tabel dan grafik diatas dapat dilihat bahwa antara PLTB dan PLTPH yang lebih optimal adalah PLTB dengan Putaran turbin sebesar 46,4 rpm, tegangan keluaran alternator sebesar 4,4 volt dan arus keluaran alternator sebesar 2,3 amper.

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Bahwa dalam hasil pengujian dan pengukuran yang didapat dengan menggunakan pada PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) dan PLTPH (Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro) menggunakan alternator mobil, dapat digunakan sebagai pembangkit listrik alternatif.
2. Dari perbandingan hasil pengujian tegangan yang dikeluarkan pada PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) menggunakan alternator mobil hanya bisa mengeluarkan tegangan rata-rata 4,4 volt, arus rata-rata 2,3 ampere dengan putaran turbin angin rata-rata 46,4 Rpm sedangkan pada PLTPH (Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro) menggunakan alternator mobil hanya bisa mengeluarkan tegangan rata-rata 2,5 volt, arus rata-rata 0,7 ampere dengan putaran turbin angin rata-rata 260,5 Rpm
3. Berdasarkan dari data perhitungan dan analisa pembangkit yang lebih optimal adalah PLTB

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian dan pembahasan Perbandingan hasil pengujian Padamenggunakan pada PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) dan PLTPH (Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro) menggunakan alternator mobil, maka saran yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut.

1. Perlu diadakan penelitian lanjutan tentang untuk mendapatkan hasil efisiensi yang lebih maksimal. Diharapkan penelitian seperti ini bisa mendapatkan dukungan dari partisipasi dari berbagai pihak yang lebih berkompeten dibidangnya.
2. Penelitian tentang energi terbarukan lebih dikembangkan lagi sehingga mampu mengurangi penggunaan pembangkit listrik fosil dan bisa menjadi energi alternatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriani. 2018. *Perancangan Pembangkit Listrik Kincir Angin Menggunakan Generator Dinamo Drillini Terhadap Empat Sumbu Horizontal*. Program Studi Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makasar, Indonesia: Makasar.
- Arismunandar. Susumumu Kuwahara. 1974. *Pembangkit dengan tenaga air, buku pegangan teknik listrik. (jilid 1)*. Pradnya paramita, jakarta.
- A.H. dan A. J. Rinaldi, "Model Fisik Kincir Air Sebagai Pembangkit Listrik," ISBN 978-979-792-636-6, pp 978-979.2015
- Bahari, Syamsul. 2015. *Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Angin Di Desa Sungai Nibung Kecamatan Teluk Pakedai Kabupaten Kubu Raya*. Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjung Pura: Tanjung Pura.
- Buyung, Surianto. 2017. *Perancangan Sudu-Sudu Pembangkit Listrik Tenaga Angin tipe Savonius Mini*. Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Diploma IV, Politeknik Katolik Saint Paul Sorong: Sorong.
- Berya prilin . 2015 .Turbin Air. Makalah turbin air diambil tanggal 16 september 2015.
- Lubis, Sudirman. 2018. *Analisa Tegangan Keluaran Alternator Mobil Sebagai Pembangkit Energi Listrik Alternatif*. Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara: Sumatera Utara.
- Lubis Syahrizal dan Syamsul Amien. 2014. *Analisis Pengaruh Beban Terhadap Karakteristik dan Efisiensi Generator Arus Searah Penguatan Kompon*

- Kumulatif dan Kompon Differensial*. Kosentrasi Teknik Energi Listrik, Departemen Teknik Elektro, Falkutas Teknik Universitas Sumatera Utara: Indonesia. Nawawi, Ibrahim dan Bagus Fatkhurrozi. 2017. *Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Skala Kecil Pada Bangunan Bertingkat*. Fakultas Teknik, Universitas Tidar: Magelang.
- Nurva Alipan. Nurhening Yuliarti,. 2018. Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Pico-Hydro Dengan Memanfaatkan Alternator Untuk Membantu Penerangan Jalan Seputaran Kebun Salak. Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta.
- M. H. D. Ajuarzain., 2019 “Simulasi Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Pico-Hydro Menggunakan Mini Water Pump” Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara
- M. Aslam, “Rancang Bangun Turbin Bulb Di Dalam Saluran Pipa Air Bulb Turbine Design And Manufacture On Pico-Hydro Power Plant System In Water Pipe Lines, “ISSN 2355-9365, vol. 2, no. 3, pp. 7323-7329, 2015
- T. M. Syaputra, M. Syukri, and I. D. Sara, “Rancang Bangun Prototipe,” Online Tek. Elektro e-ISSN 2252-7036, vol. 2, no. 1, pp. 16-22, 2017.
- Abdillah zuhud, teknik mesin, fakultas teknik “redesign runner turbin pembangkit listrik tenaga *pico hydro* dengan metode *reverse engineering* melalui pendekatan teoritis,” 2016
- Henanto pandu dewanto, fakultas teknik, “pembuatan dan pengujian turbin propeller dalam pengembangan teknologi pembangkit listrik tenaga air *piko hidro* (plta-ph) dengan variasi debit aliran,” 2017