

TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN ARUS DAN TEGANGAN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memproleh
Gelar Sarjana Teknik (ST)*

Disusun Oleh:

HERI PRADANA
NPM : 1507220001



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Heri Pradana
NPM : 1507220001
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Rancang Bangun Arus Dan Tegangan Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 26 Mei 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I



Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T

Dosen Pembimbing II



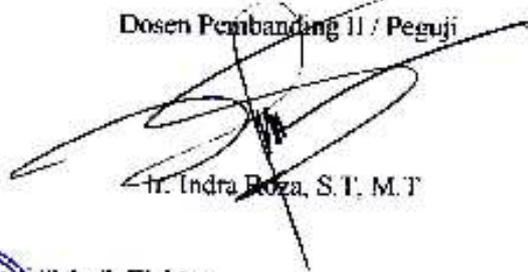
Partawan Harahap, S.T, M.T

Dosen Pembimbing I / Penguji



Ir. Abdul Azis H., M.M

Dosen Pembimbing II / Penguji



Ir. Indra Roza, S.T, M.T



Teknik Elektro

Medan,

Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T

SURAT PERNYATAAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Heri Pradana
Tempat/Tanggal Lahir : Medan, 12 November 1995
NPM : 1507220001
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

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

“ Rancang Bangun Arus Dan Tegangan Pada Pemhangkit Listrik Tenaga Angin ”

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.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia skripsi dihapuskan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang – undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

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 Sipil/Mesin/Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 26 Mei 2021

Saya yang menyatakan,



Heri Pradana
Heri Pradana

Abstrak

pembuatan sistem pembangkit listrik tenaga angin dengan kapasitas 100 watt dengan mengasumsi bahwa kecepatan angin rata-rata di beberapa daerah indonesia adalah sekitar 3 m/s-7 m/s, maka simulasi angin pada pembuatan sistem pembangkit listrik tenaga angin mempunyai batasan variabel kecepatan angin yaitu 3 m/s-7 m/s. Berdasarkan potensi angin dan kondisi geografis di indonesia yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik tugas akhir ini berkaitan dengan pembuatan sistem pembangkit listrik tenaga angin dengan generator berkapasitas 100 watt. Sistem ini di rancang untuk memudahkan penggunaan listrik dalam intalasi listrik rumah tangga.

Kata kunci : pembuatan sistem pembangkit listrik tenaga angin dengan kapasitas 100 watt, Arus dan tegangan pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin.

Abstract

making a wind power generation system with a capacity of 100 watts by assuming that the average wind speed in several regions of Indonesia is around 3 m / s-7 m / s, then the wind simulation in the manufacture of wind power generation systems has a variable wind speed limit, namely 3 m / s-7 m / s. Based on the potential of wind and geographical conditions in Indonesia, which can be used to generate electricity, this final project is related to the manufacture of a wind power generating system with a generator with a capacity of 100 watts. This system is designed to facilitate the use of electricity in household electricity installations.

Keywords: manufacture of wind power generation systems with a capacity of 100 watts, Current and voltage in a wind power plant.

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Sarjana ini dengan lancar. Tugas Sarjana ini merupakan tugas akhir bagi mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dalam menyelesaikan studinya.

Dalam menyelesaikan tugas ini penulis banyak mengalami hambatan dan rintangan yang disebabkan minimnya pengetahuan dan pengalaman penulis, namun berkat petunjuk Allah SWT yang terus – menerus hadir dan atas kerja keras penulis, serta banyaknya bimbingan dari pada dosen pembimbing akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana ini.

Untuk itu penulis pada kesempatan ini menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kepada orang tua Umi Lestari, dimana cinta yang telah membesarkan, mengasuh, mendidik, serta memberikan 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 Faisal Irsan Pasaribu, S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing I
3. Bapak Partaonan Harahap, S.T.,M,T selaku Dosen Pembimbing II .
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar. S.T., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
5. Bapak Ade Faisal, S.T.,M.Sc.,Ph.D selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
6. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
7. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T.,M.T, selaku Ketua Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Bapak Partaonan Harahap, S.T.,M,T selaku Sekretaris Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
9. Seluruh Dosen di Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan bimbingan dan ilmu pengetahuan selama di bangku kuliah.
10. Rekan-rekan Lab Teknik Elektro, dan teman-teman yang lain yang banyak membantu dan memotivasi penulis.
11. Seluruh teman-teman seperjuangan yang telah banyak membantu dalam penulisan tugas sarjana ini.

Penulis menyadari bahwa tugas ini masih jauh dari sempurna dan tidak luput dari kekurangan, karena itu dengan senang hati dan penuh lapang dada

penulis menerima segala bentuk kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi kesempurnaan penulisan tugas sarjana ini.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tugas sarjana ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan semoga Allah SWT selalu merendahkan hati atas segala pengetahuan yang kita miliki. Amin Ya Rabbal Alamin.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, 2021

Penulis

HERI PRADANA
1507220001

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN I	
LEMBAR PENGESAHAN II	
LEMBAR SPESIFIKASI TUGAS SARJANA	
LEMBAR ASISTENSI TUGAS SARJANA	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR SIMBOL	viii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penulisan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat penulisan	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Telaah Penelitian	5
2.2. Proses Terjadinya Angin	5
2.2.1. Macam-macam Angin	6
2.3. Syarat Kecepatan Angin	9
2.3.1. Potensi Energi Angin	10
2.3.2. Pembangkit Listrik Tenaga Angin	11
2.3.3. Kincir Angin	12
2.3.4. Perancang Kincir Angin	14
2.3.5. Pembuatan Kincir Angin	15
2.3.6. Tower/Menara Kincir Angin	15
2.3.7. Pengukuran Angin dan Desain Kincir Angin Sumbu Vertikal	16
2.4. Generator/Alternator	20
2.4.1. Bagian-bagian Pada Generator	23
2.5. Charge Conroller	27
2.6. Inverter	29
2.7. Baterai/ Aki 12 Volt	30
2.7.1. Prinsip Kerja Baterai	32
2.7.2. Jenis-jenis Baterai Berdasarkan Tipenya	33
2.7.3. Rumus Pengukuran Baterai	35
BAB 3 METODE PENELITIAN	
3.1. Tempat dan Waktu	36
3.2. Peralatan Dan Bahan	36
3.2.1. Peralatan Penelitian	36
3.2.2. Bahan Penelitian	37

3.3. Metodologi Penelitian	38
3.3.1. Studi Literatur	38
3.4. Diagram Penelitian	39
3.5. Pengukuran Yang Dilakukan	41
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Hasil Penelitian	45
4.2. Analisis perhitungan laju aliran massa, Energi kinetik, daya angin dan koefisien	48
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	56
5.2. Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

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).

Topik yang akan digunakan pada tugas akhir ini adalah mengenai pembuatan sistem pembangkit listrik tenaga angin dengan kapasitas 100 watt dengan mengasumsi bahwa kecepatan angin rata-rata di beberapa daerah indonesia adalah sekitar 3 m/s-7 m/s, maka simulasi angin pada pembuatan sistem pembangkit listrik tenaga angin mempunyai batasan variabel kecepatan angin yaitu 3 m/s-7 m/s. Berdasarkan potensi angin dan kondisi geografis di indonesia

yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik tugas akhir ini berkaitan dengan pembuatan sistem pembangkit listrik tenaga angin dengan generator berkapasitas 100 watt. Sistem ini di rancang untuk memudahkan penggunaan listrik dalam instalasi listrik rumah tangga.

Cuaca dan iklim yang tidak stabil menjadi salah satu masalah dalam pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Angin, karena ketidak stabilannya mempengaruhi besar tegangan dan arus yang di hasilkan dari Pembangkit Listrik Tenaga Angin.

Berdasarkan paparan di atas perlu di lakukan perancangan suatu alat Pembangkit Listrik Tenaga Angin, penelitian ini di lakukan untuk mengetahui “Arus dan tegangan pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin”.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara kerja rancang bangun pembangkit listrik tenaga angin sehingga dapat menghasilkan energi listrik.
2. Bagaimana menghitung daya, tegangan dan arus terhadap kecepatan angin pada pembangkit listrik tenaga angin.

1.3 Tujuan Penulisan

1. Untuk mengetahui cara kerja rancang bangun pembangkit listrik tenaga angin.
2. Untuk mengetahui daya, tegangan dan arus terhadap kecepatan angin pada pembangkit listrik tenaga angin.

1.4 Batasan Masalah

Permasalahan yang dibahas pada penelitian ini yaitu :

1. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Menganalisis arus dan tegangan hasil percobaan pada pembangkit listrik tenaga angin.
3. Pembahasan hanya menganalisis perancangan pembangkit listrik tenaga angin.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi Mahasiswa

Bagi penemuan penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan referensi bagi mahasiswa untuk menambah pengetahuan yang berkaitan dengan rancang bangun arus dan tegangan pada pembangkit listrik tenaga angin. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat dijadikan landasan empiris atau kerangka acuan bagi mahasiswa teknik elektro selanjutnya.

2. Bagi Masyarakat

Sebagai titik acuan bahwa alat yang ditemukan ini bisa digunakan bagi masyarakat untuk pengganti sumber energi cadangan ketika PLN padam.

1.6 Sistematis Penulisan

Adapun sistematika penulisan skripsi ini dilakukan sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab 1 ini berisikan tentang Latar Belakang Masalah, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Batasan Masalah, Manfaat Penelitian, Sistematika Penulisan.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab ini mengenai dasar-dasar ilmu yang berhubungan dengan pokok-pokok pembahasan dan yang mendukung dalam pembahasan .

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan tentang sistem perakitan Pembangkit Listrik Tenaga Angin dan hal-hal yang berhubungan dengannya.

BAB 4 PRINSIP KERJA RANCANG BANGUN PENGUJIAN ARUS DAN TEGANGAN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN.

Bab ini berisikan prinsip kerja rancang bangun pengujian arus dan tegangan pada pembangkit listrik tenaga angin.

BAB 5 PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan, saran, lampiran dan daftar pustaka. Bab ini merupakan bab terakhir dan laporan yang berisikan kesimpulan dari pembahasan serta saran untuk sipenulis.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Telaah Penelitian

Berdasarkan penelitian yang telah melakukan penelitian serupa adalah Syamsul Bahri (2015) Jurusan Teknik Elektro Universitas Tanjung Pura Pontianak, melakukan penelitian berkaitan dengan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Angin Didesa Sungai Nibung Kabupaten Raya.

M ARRY Rizky (2015) Jurusan Teknik Elektro Poli Teknik Seriwijaya Melakukan penelitian kecepatan angin pada pembangkit listrik tenaga angin menggunakan angin untuk menghasilkan tegangan.

Puji Setiyono (2006) Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang Melakukan penelitian berkaitan dengan Pemanfaatan alternator mobil sebagai pembangkit listrik tenaga angin.

Dion Satiya Prayoga, Mas Sarwoko S, Ir. M.Sc., Iswahyudi Hidayat, S.T., M.T.(2016) Jurusan Teknik Elektro Universitas Telkom Melakukan penelitian berkaitan dengan rancang bangun sistem pembangkit listrik tenaga angin dengan pertical – axis win turbine.

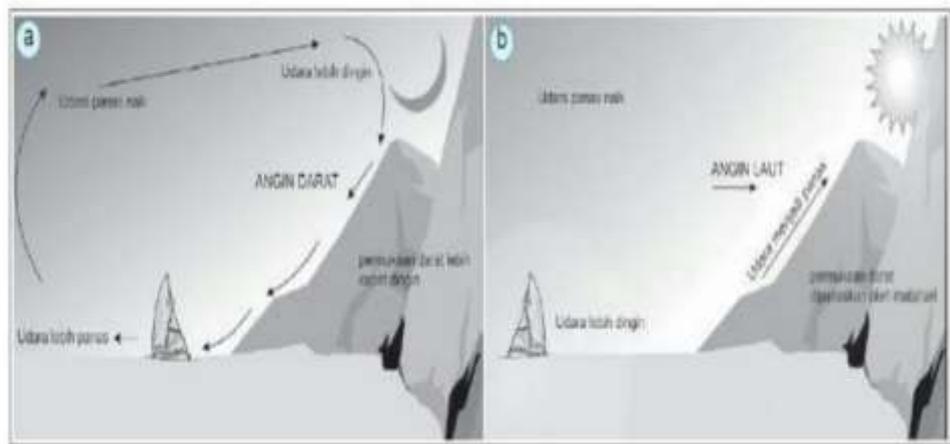
2.2 Proses Terjadinya Angin

Angin merupakan salah satu unsur yang dapat mempengaruhi kondisi cuaca dan iklim. Angin adalah pergerakan udara yang disebabkan adanya perbedaan tekanan udara yang mengakibatkan adanya hembusan atau tiupan disuatu tempat atau daratan (Baachtiar & Hayattul,2018).

2.2.1 Macam-Macam Angin

1. Angin darat dan angin laut

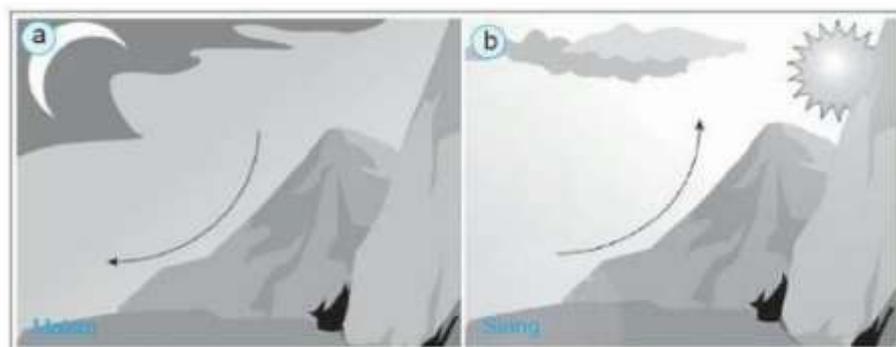
Angin darat terjadi pada malam hari, karena suhu dilaut pada malam hari sangat tinggi karena air laut dapat menahan panas matahari pada siang hari. Angin laut terjadi pada siang hari, karena suhu didarat lebih tinggi karena pantulan panas matahari merenggangkan udara didaratan. Proses terjadinya angin darat dan angin laut ini di tunjukan pada gambar 2.1 dibawah ini (Bachtiar & Hayattul, 2008).



Gambar: 2.1 Proses Terjadinya Angin Darat dan Angin Laut

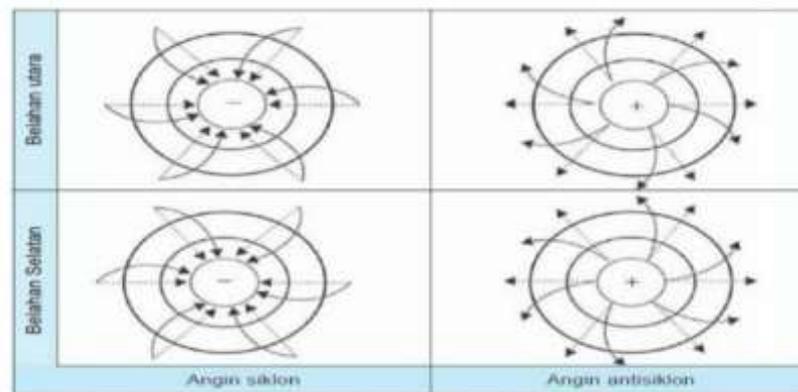
2. Angin Gunung dan Angin Lembah

Malam hari pegunungan lebih dulu mendingin sedangkan lembah masih hangat. Siang hari pegunungan lebih dulu mendapat pemanasan dibandingkan lembah. Proses terjadinya angin ini ditunjukan pada gambar 2.2 (Bachtiar & Hayattul,2018).



3. Angin Siklon dan Angin Antisiklon

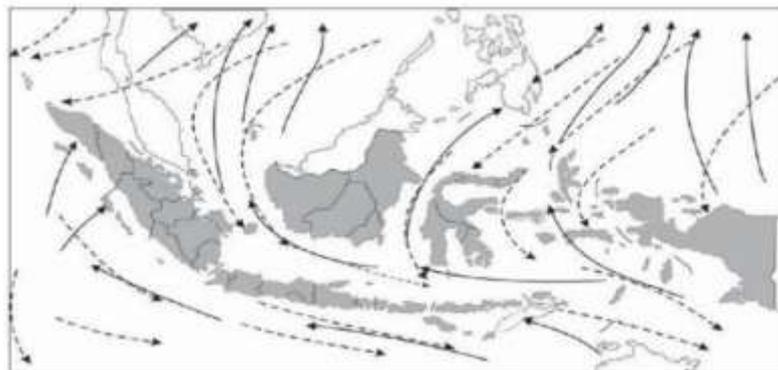
Angin siklon adalah udara yang bergerak dari beberapa daerah bertekanan udara tinggi menuju titik pusat tekanan udara rendah. Angin antisiklon bergerak dari suatu daerah sebagai pusat bertekanan udara tinggi menuju daerah bertekanan rendah yang mengelilinginya seperti ditunjukkan pada gambar: 2.3 (Bachtiar & Hayattul, 2018).



Gambar: 2.3 Proses terjadinya angin siklon dan antisiklon

4. Angin Fohn

Angin fohn terjadi karena udara yang turun mendapatkan pemanasan secara dinamis yang diikuti turunnya kelembapan udara seperti gambar: 2.4 (Bachtiar & Hayattul, 2018).



Gambar: 2.4 Proses terjadinya angin fohn

5. Angin Munson Barat

Angin munson barat terjadi pada bulan oktober-april. Bulan-bulan itu kedudukan matahari berada dibelahan bumi selatan, akibatnya belahan bumi selatan suhunya lebih tinggi dari pada belahan bumi utara dan angin bertiup dari belahan bumi utara ke belahan bumi selatan (Bachatiar & Hayattul, 2018).

6. Angin Munson Timur

Angin munson timur terjadi pada bulan april-oktober. Saat itu kedudukan matahari berada di belahan bumi utara. Menyebabkan benua australia mengalami musim dingin sehingga bertekanan tinggi. Sedangkan benua asia lebih panas, sehingga tekanannya rendah (Bachatiar & Hayattul, 2018)

2.3 Syarat Kecepatan Angin

Tingkat kecepatan angin berdasarkan kondisi alam yang terjadi dijelaskan pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1 tingkat kecepatan angin berdasarkan kondisi alam (Bachatiar & Hayattul, 2018)

Kelas	Kecepatan (m/s)	Kondisi alam
1	0.00-0.2	
2	0.3-1.5	Angin tenang, asap lurus keatas
3	1.6-3.3	Asap bergerak mengikuti arah angin
4	3'4-5-4	Wajah terasa ada angin, daun-daun bergoyang pelan, petunjuk arah angin bergerak

5	5.5-7.9	Debu jalan, kertas berterbangan ranting pohon bergoyang
6	8.0-10.7	Ranting pohon bergoyang, bendera berkibar
7	10.8-13.8	Ranting pohon besar bergoyang air di kolam berombak kecil
8	13.9-17.1	Ujung pohon melengkung, hembusan angin terasa di telinga
9	17.2-20.7	Dapat mematahkan ranting pohon, jalan berat melawan arah angin
10	20.8-24.4	Dapat mematahkan ranting pohon, rumah rubuh
11	24.4-28.4	Dapat merubuhkan pohon, menimbulkan kerusakan
12	28.5-32.6	Menimbulkan kerusakan parah

2.3.1 Potensi Energi Angin

Indonesia adalah suatu negara yang memiliki sumber daya alam yang begitu besar, salah satunya angin. Potensi angin yang dapat dimanfaatkan menjadi sumber energi, mempunyai kecepatan diatas 5 m/detik dan itu berada pada 120 lokasi dan tersebar di wilayah nusa tenggara timur, nusa tenggara barat, sulawesi selatan, dan pantai selatan jawa (Bachatiar & Hayattul, 2018).

Energi angin merupakan energi alternative yang mempunyai prospek baik karena selalu tersedia di alam, dan merupakan sumber energi yang bersih dan terbarukan kembali. Proses pemanfaatan energi angin 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 di sebabkan oleh kecepatan angin untuk dimanfaatkan memutar sudut-sudut kincir angin. Untuk memanfaatkan energi angin menjadi energi listrik maka langkah pertama yang harus dilakukan adalah menghitung energi angin dengan formula (Bachatiar & Hayattul,2018).

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

E = energi kinetik (jounle)

M =massa udara (kg)

V = kecepatan angin (m/s)

Untuk mendapatkan daya efektif dari angin yang mungkin dihasilkan dari suatu kincir adalah:

$$Ea = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3 \cdot A \cdot cp \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana:

Ea = daya efektif yang dihasilkan kincir angin (watt)

Cp = efisiensi blade 0,45

A = luas penampang (1 m²)

V = kecepatan angin (m/s)

ρ = kerapatan udara (kg/m) (Bachatiar & Hayattul,2018)

2.3.2 Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Pembangkit listrik tenaga angin adalah suatu pembangkit listrik yang menggunakan angin sebagai sumber energi untuk menghasilkan sumber energi listrik. Untuk menentukan turbin angin atau kapasitas turbin yang akan digunakan untuk pemilihan pembangkit dinyatakan dengan persamaan:

$$P = P_{tpem} X \frac{100}{x} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana:

P = kapasitas turbin

P_{tpem} = Kapasitas turbin pemasok

X = efisiensi kecepatan angin

Efisiensi kecepatan angin diformulakan sebagai berikut:

$$X = \frac{\text{rata - rata kecepatan angin} \times 100\%}{\text{Kecepatan angin maksimal}} \dots \dots \dots (2.4)$$

Untuk mencari hasil prosentasi beban siang, malam, dan puncak digunakan rumus:

$$R = \frac{\text{jumlah pemakaian beban}}{\text{lama waktu pemakaian}} \dots \dots \dots (2.5)$$

%

$$= \frac{\textit{jumlah beban}}{\textit{total beban pemakaian}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana:

R = jumlah beban (Bachatiar & Hayattui,2018).

2.3.3 Kincir Angin

Kincir angin merupakan sebuah alat yang digunakan dalam sistem konversi energi angin. Kincir angin berfungsi merubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik berupa putaran poros. Putaran poros tersebut kemudian digunakan untuk beberapa hal sesuai dengan kebutuhan seperti memutar dinamo atau generator untuk menghasilkan listrik.

Desain dari kincir/turbin angin sangat banyak macam jenisnya, berdasarkan bentuk rotor, kincir angin dibagi menjadi dua tipe, yaitu turbin angin sumbu mendatar dan turbin angin sumbu vertikal (Daryanto, 2007).

Turbin angin sumbu vertikal merupakan turbin angin sumbu tegak yang gerakan poros dan rotor sejajar dengan arah angin, sehingga rotor dapat berputar semua arah angin. Turbin angin sumbu vertikal mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihannya, yaitu memiliki torsi tinggi sehingga dapat berputar pada kecepatan angin rendah, generator dapat ditempatkan di bagian bawah turbin sehingga memudahkan perawatan dan kerja turbin tidak dipengaruhi arah angin. Kekurangannya yaitu kecepatan angin di bagian bawah sangat rendah sehingga apabila tidak memakai tower akan menghasilkan putaran yang rendah, dan efisiensi lebih rendah dibandingkan dengan turbin angin sumbu mendatar.

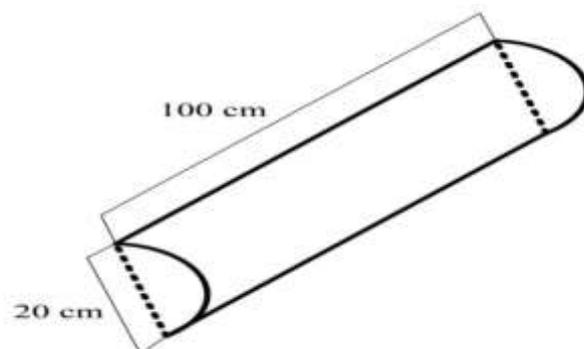
Ada tiga model rotor pada turbin angin jenis ini, yaitu: Suvonius, Darrieus, dan H rotor. Turbin Suvonius memanfaatkan gaya drag sedangkan Darrieus dan H rotor memanfaatkan gaya lift (Mettal,2001).



Gambar: 2.5 Kincir angin sumbu vertikal model sarvonius

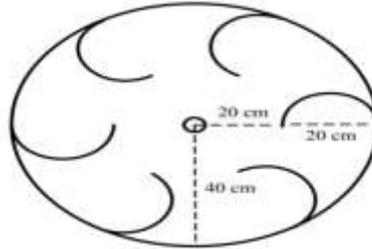
2.3.4 Perancangan Kincir Angin

Banyak model atau jenis kincir angin sumbu vertikal, dari beberapa faktor yang harus dipertimbangkan, salah satunya adalah dapat digunakan pada kecepatan angin yang rendah. Dalam penelitian dikembangkan prototipe kincir angin sumbu vertikal model Savonius. Pada jenis ini, angin yang berhembus salah satu bila rotor diharapkan lebih banyak mengalir ke bila rotor lainnya melalui celah di sekitar poros sehingga pada bila rotor ini, akibatnya rotor dapat berputar lebih cepat (Nakhoda & Saleh, 2015).



Gambar: 2.6 Desain blade Kincir Angin

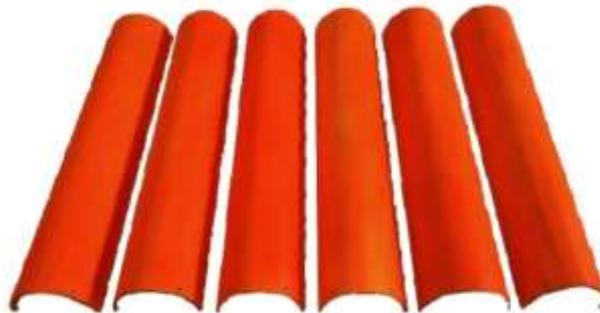
Desain kincir angin sumbu vertikal dibuat dengan 6 (enam) buah blade yang model konstruksinya dibuat secara portabel, sehingga dapat dirakit dan dipindah-pindah dengan mudah (Nakhoda & Saleh, 2015).



Gambar: 2.7 Desain Rumah blade Kincir Angin

2.3.5 Pembuatan Kincir Angin

Dalam proses pembuatan blade, dipilih bahan material dari pipa PVC dengan diameter 20 cm dan panjang 100 cm, sedangkan untuk blade atas dan bawah dari bahan plat besi dengan diameter 80 cm (Nakhoda & Sales, 2015)



Gambar: 2.8 Kontruksi Enam Buah Buah blade Kincir Angin

2.3.6 Tower / Menara Kincir Angin

Tower atau tiang penyangga adalah bagian struktur dari turbin vertikal yang memiliki fungsi sebagai struktur utama penompang dari komponen sistem kincir angin vertikal (Bahtiar & Hayattul, 2018)

Kecepatan angin sangat dipengaruhi oleh ketinggian dari permukaan tanah. Semakin mendekati permukaan tanah, kecepatan angin semakin rendah

karena adanya gaya gesek antara permukaan tanah dan angin. Untuk alasan ini, PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Angin) biasanya dibangun dengan menggunakan tower yang tinggi atau dipasang diatas bangunan (Sutrisna, 2011)

Menara yang tinggi memungkinkan turbin untuk menangkap lebih banyak energi dan menghasilkan listrik lebih banyak. Tower/Menara biasanya terbuat dari baja tabung, beton atau kisi baja (Grafity, 2013).

2.3.7 Pengukuran Angin dan Desain Kincir Angin Sumbu Vartikal

Angin adalah udara yang bergerak dari tekanan udara yang lebih tinggi ke tekanan udara yang lebih rendah. Perbedaan tekanan udara disebabkan oleh perbedaan suhu udara akibat pemanasan atmosfer yang tidak merata oleh sinar matahari. Karena bergerak angin memiliki energi kinetik. Energi angin dapat dikonversi atau ditransfer kedalam bentuk energi lain seperti listrik atau mekanik. Dengan menggunakan kincir atau turbin angin. Oleh karena itu kincir atau turbin angin sering disebut sebagai sistem konversi energi angin (SKEA) (Rifadil & Purwanto & Jaya & Prabowo, 2013)

Daya adalah energi persatuan waktu. Dan untuk mengetahui energi yang dibangkitkan oleh angin selama perjam dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$W = P \times t [Watt] \dots \dots \dots (2.7)$$

Untuk mengetahui daya atau energi yang dikeluarkan oleh alternator berdasarkan kecepatan angin dan diameter baling-baling (telah diketahui diameter 60 cm) dapat dinyatakan dengan rumus:

$$P = \frac{1}{12} V^3 d^2 [\text{Watt}] \dots \dots \dots (2.8)$$

Daya angin berbanding lurus dengan kerapatan udara, dan kubik kecepatan angin. Dapat dinyatakan dengan rumus:

$$P = \frac{1}{2} \rho V^3 [\text{Watt} / \text{m}^2] \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana:

P : Daya output (Watt),

ρ : Kecepatan udara 1.1726 kg/m³

V : Kecepatan angin (m/s)

t : Satuan waktu (s)

A : Luas penampang (m²)

Energi yang dimiliki oleh angin dapat dinyatakan dengan rumus:

$$P = \frac{1}{2} \rho AV^3 [\text{Watt} / \text{m}^2] \dots \dots \dots (2.10)$$

Daya angin maksimum yang dapat diekstrak oleh turbin angin dengan luas sapuan rotor A adalah:

$$P = \frac{16}{27} \cdot \frac{1}{2} \rho A V^3 [\text{Watt} / \text{m}^2] \dots \dots \dots (2.11)$$

Angka $\frac{16}{27}$ (= 59,3%) ini disebut dengan batasan betz (Betz

limit, diambil dari ilmuwan Jerman Albert Betz).

Energi kinetik angin adalah energi yang dimiliki suatu benda akibat gerakan dapat dinyatakan dengan rumus:

$$Ek = W = \frac{1}{2} m V^2 [\text{Watt}] \dots \dots \dots (2.12)$$

Angin yang menggerakkan kincir merupakan udara yang bergerak dan mempunyai massa, sehingga dinyatakan dengan rumus:

$$Ek = W = \rho \times A \times d [\text{Watt}] \dots \dots \dots (2.13)$$

Dalam mendesain kincir angin harus mempertimbangkan berapa besar daya yang dibutuhkan, kemudian kecepatan angin, dan berapa jumlah blades yang harus digunakan, hal pertama yang harus diperhatikan dalam mendesain kincir angin adalah TSR (*Tip Speed Ratio*) atau perbandingan kecepatan di tiap kincir angin (ujung) dan kecepatan angin yang didapat oleh kincir (Rifadil & Purwanto & Jaya & Prabowo, 2013)

Menghitung TSR (*Tip Speed Ratio*) (λ) dapat menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned}
 TSR (\lambda) &= \frac{\text{speed of rotor trip}}{\text{wind speed}} = \frac{v}{V} = \frac{\omega r}{V} \\
 &= \frac{2\pi nr}{V} \dots \dots \dots (2.14)
 \end{aligned}$$

Dimana:

V : Kecepatan Angin (m/s)

$V = \omega r$: Kecepatan putar rotor (m/s)

r : Jari-jari rotor (m)

$\omega = 2\pi f$: Rotasi putaran kincir angin (radian/sec)

f : Frekuensi rotasi (Hz), (sec^{-1})

n : Putaran poros kincir tiap detik (rps)

asumsi : $f = n$

Torsi sebuah kincir angin dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned}
 TORQUE &= \frac{V^2 R^3}{\lambda^2} F \cdot r \\
 &= ma \dots \dots \dots (2.15)
 \end{aligned}$$

Dimana:

V : Kecepatan angin (m/s)

$R = r$: Jari-jari rotor (m)

F : Gaya pada poros akibat putaran (N)

M : Massa pengimbang (kg)

a : Percepatan gravitasi (m/s)

Persamaan untuk menghitung potensi daya kincir (Pk):

$$\begin{aligned}
 P_k &= Torque \times \omega \\
 &= Torque \times \dots\dots\dots(2.16) \\
 &= V^4 R
 \end{aligned}$$

Dimana:

P_k : Daya kincir (Watt)

Torque : Besarnya torsi (Nm)

N : Putaran poros (rps)

TSR (*Tip Speed Ratio*) mempengaruhi kecepatan putaran kincir (RPM). Hubungan TSR (*Tip Speed Ratio*) dengan kecepatan yaitu:

Kecepatan pada poros Shaft Speed (SS)

SS

$$= \frac{60\lambda V}{\pi D} [RPM] \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana:

D : diameter rotor (m)

Diameter suatu rotor kincir angin dapat pula diperoleh melalui sebuah perhitungan . persamaan untuk menghitung diameter suatu rotor kincir angin yaitu:

D

$$= (P \times (47\lambda \times RPM)^3)^{0.2} \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana:

Power : Daya output generator (Watt)

RPM : Kecepatan putar generator (RPM)

Untuk menentukan jumlah blades dapat digunakan persamaan:

$$B = \frac{80}{\lambda^2} \dots \dots \dots (2.19)$$

Persamaan untuk menghitung sudut blades (β):

$$B = \arctan(2R / 3r\lambda) - \Phi_v$$

(Rifadil & Purwanto & Jaya & Prabowo, 2013).

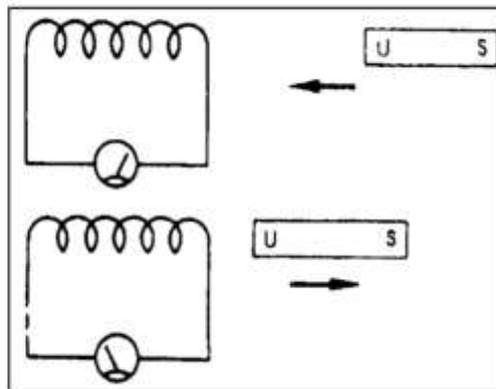
2.4 Generator / Alternator

Secara umum generator / alternator adalah peralatan yang merubah energi mekanik menjadi energi listrik. Generator yang menghasilkan keluaran berupa tegangan AC disebut alternator. Generator terbagi menjadi 2 bagian yaitu stator atau sebagai yang diam, dan rotor atau bagian yang berputar. Komponen utama dari generator yaitu magnet dan lilitan tembaga atau coil. Jika magnet terdapat pada bagian rotor, maka coil nya berada di stator, begitu pula sebaliknya (Prayoga & Sarwoko & Hidayat, 2016).

Kebalikan pada alternator ialah tidak terdapat bunga api antara sikat-sikat dan slip ring, disebabkan tidak terdapat komutator yang dapat menyebabkan sikat menjadi arus. Rotornya lebih ringan dan tahan terhadap putaran tinggi, dan silicon diode mempunyai sifat pengarahan arus, serta dapat mencegah kembalinya arus dari baterai ke alternator. Untuk mencegah kesalah pahaman, sebenarnya generator arus bolak-balik menghasilkan arus searah seperti dynamo arus searah

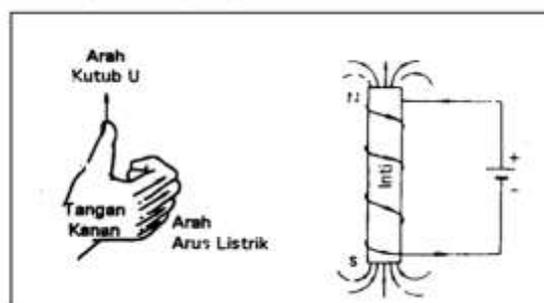
dengan menggunakan beberapa dioda. Disini alternator dapat disamakan dengan generator arus bolak-balik (Setiono, 2006).

Seperti terlihat pada gambar 2.9, pada saat magnet di gerakan dekat kumparan akan timbul gaya elektromagnetik pada kumparan. Arah tegangan yang dibangkitkan pada saat magnet bergerak mendekat atau menjauhi kumparan juga berlawanan. Besarnya tegangan yang akan dibangkitkan akan meningkat sesuai dengan meningkatnya gaya magnet dan kecepatan gerak magnet (Setiono, 2006)



Gambar: 2.9 Prinsip Pembangkit Arus

Salah satu, tegangan yang dibangkitkan juga bertambah besar bila jumlah kumparannya ditambah. Arah arus listrik pada kumparan dan arah gaya magnet yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 2.10 dibawah ini (Setiono, 2006).



Gambar.2.10 Hubungan antara arus listrik pada kumparan dan medan magnet.

Gaya gerak listrik yang dibangkitkan dalam kumparan akan bertambah dengan besar bila berubah medan magnetnya berjalan dengan cepat. Dengan kata lain, bertambah banyak dan cepatnya flux magnet yang mengalir melalui kumparan, maka gaya gerak listrik yang dibandingkan juga bertambah besar (Setiono, 2006).

Hubungan tersebut dapat dinyatakan dengan:

(e)

$$= N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} \} \text{volt} \dots \dots \dots (2.20)$$

Dengan arti:

N : banyak lilitan dari kumparan

Δt : perubahan waktu dalam suatu detik (dt)

$\Delta \phi$: perubahan flux magnet dalam suatu webber (Wb)

Dan daya:

$$P = E \times I \dots \dots \dots (2.21)$$

Dimana:

P : Daya (watt)

E : Tegangan (volt)

I : Arus (ampere) (Setiono, 2006)

2.4.1 Bagian-bagian Pada Alternator.

Alternator mempunyai konstruksi yang sederhana, pada alternator terdapat beberapa keuntungan bila dibandingkan dengan mesin listrik lainnya. Keuntungannya adalah pada alternator ialah tidak terdapat bunga

api antara sikat-sikat dan slipring, disebabkan tidak terdapat komponen yang dapat menyebabkan sikat menjadi aus. Rotornya lebih ringan dan tahan terhadap putaran tinggi, dan silicondiode (Lubis, 2018)



Gambar: 2.10 Alternator

➤ Rotor

Rotor berfungsi untuk membangkitkan medan magnet. Rotor berputar bersama poros, karena gerakannya maka disebut alternator dengan medan magnet berputar. Rotor terdiri dari kutub, kumparan medan, slip ring, poros dan lain-lain. Inti kutub berbentuk seperti cakar dan didalamnya terdapat kumparan medan magnet (Lubis, 2018).



Gambar: 2.11 Rotor Alternator

Rotor berfungsi untuk membangkitkan medan magnet. Rotor berputar bersama poros, karena gerakannya maka disebut alternator dengan medan magnet berputar. Rotor terdiri dari: Inti kutub (pole core), kumparan medan, slip ring, poros dan lain-lain. Inti kutub berbentuk seperti cakar dan didalamnya terdapat kumparan medan (Lubis, 2018)

➤ Slepring atau Cincin Geser

Dibuat dari bahan kuningan atau tembaga yang dipasang pada poros dengan memakai bahan isolasi. Slepring ini berputar secara bersama-sama dengan poros (as) dan rotor. Banyaknya slepring dapat menggeser borstel positif dan borstel negatif, guna penguatan (Excitation Current) kelilitan magnet pada rotor.



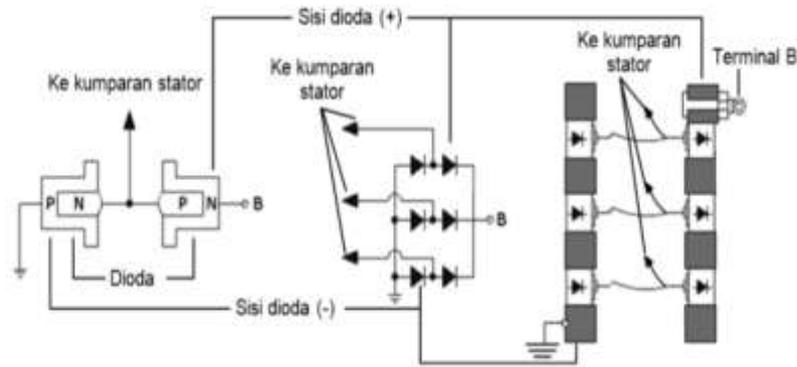
Gambar: 2.12 Slepring / Cincin Geser

➤ Dioda (Rectifier)

Pada alternator terdapat dioda atau rectifier, dioda ini memiliki fungsi untuk mengubah arus bolak-balik (Alternating Current/ AC). Karakteristik dari sebuah dioda yaitu hanya bisa dialiri oleh arus dalam satu arah saja.

Sehingga

dioda ini dapat dimanfaatkan sebagai penyearah sebuah arus. Pada alternator tipe konvensional, terdapat enam buah dioda, tiga buah dioda masuk dapat disebut dengan dioda positif dan tiga dioda lainnya adalah dioda negatif.



Gambar: 2.13 Dioda (Rectifier) Alternator

Seperti yang kita lihat pada gambar diatas tentang rangkaian dioda pada alternator, maka tampak bahwa terdapat tiga pasang dioda yang dihubungkan secara seri. Salah satu kaki dioda yakni kaki anoda pada sisi dioda negatif dihubungkan satu sama lain dan dihubungkan dengan massa, sedangkan kaki katoda pada sisi dioda positif saling dihubungkan juga dan dihubungkan dengan terminal B. Ujung-ujung kumparan stator disambungkan dengan bagian tengah diantara pasangan dioda yang dihubungkan secara seri. Ini adalah sifat dasar dioda yang digunakan untuk fungsi penyearah. Bahkan pada arah P ke N, bila tegangannya kurang dari suatu nilai tertentu, maka arus tidak dapat mengalir. Pada dioda silicon, harga ini biasanya berkisaran antara 0,6 – 0,7 volt. Bila arus sudah mengalir, maka akan terus bertambah besar meskipun perubahan tegangan hampir tidak ada. Hubungan antara tegangan dan arus bervariasi, tegangan temperatur sekelilingnya. Bila temperatur naik, maka arus akan semakin mudah mengalir (Lubis,2018).

➤ Prinsip Kerja Alternator

Pada saat magnet (rotor) berputar didalam kumparan stator akan timbul tegangan diantaranya kedua ujung kumparan ini, akan memberikan

kenaikan pada arus bolak-balik. Hubungan antara arus yang dibangkitkan pada kumparan dengan fosisi magnet adalah seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4.5 arus tertinggi akan bangkit pada saat kutub N dan S sampai pada jarak terdekat dengan kumparan. Bagaimana setiap setengah putaran arus akan mengalir dengan arah yang berlawanan. Arus yang membentuk gelombang sinus disebut “arus bolak balik satu fase”. Perubahan 360 pada grafik berlaku untuk satu siklus dan banyaknya perubahan yang terjadi pada setiap detik disebut dengan “frekuensi” (Lubis, 2018).

Gambar: 2.13 Gelombang sinus pembangkitan arus bolak-balik satu fase

Masing-masing kumparan A, B, dan C berjarak 120° . Pada saat magnet berputar diantara mereka, akan bangkit arus bolak-balik pada masing-masing kumparan. Menunjukkan hubungan antara ketiga arus bolak-balik dengan magnet. Listrik yang mempunyai tiga arus bolak-balik seperti ini disebut “Arus bolak-balik tiga phasa”, alternator membangkitkan arus bolak-balik tiga phasa. Biasanya, komponen-komponen kelistrikan menggunakan tegangan listrik 12 atau 24 volt dan alternator untuk sistem pengisian harus menghasilkan tegangan tersebut (Lubis,2018).

Listrik dibangkitkan pada saat magnet diputar di dalam kumparan dan besarnya tergantung pada kecepatan putaran magnet. Jadi, melalui proses induksi elektron magnet, semakin cepat kumparan memotong garis-garis gaya magnet semangkin besar kumparan membangkitkan gaya gerak

listrik. Untuk memperoleh tegangan yang tetap, maka diperlukan putaran magnet yang tetap, sebagai pengganti magnet permanen maka dipakai elektron magnet untuk mempertahankan tegangan supaya tetap. Elektron magnet, garis gaya magnetnya berubah-ubah sesuai dengan putaran alternator (Lubis,2018).

2.4 Charge Controller

Charge Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Fungsinya antara lain mengatur overcharging (kelebihan pengisian-karena baterai sudah penuh) dan kelebihan voltase dari Alternator. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai. Charge controller merupakan teknologi pulse width modulation (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebanan arus dari baterai ke beban (Rangga, 2017).

Beberapa fungsi detail dari charge controller adalah sebagai berikut:

- Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari over charging, dan over voltage.
- Mengurangi arus yang dibebaskan/diambil dari baterai agar baterai tidak full discharge dan overloading.
- Monitoring temperatur baterai

Charge controller yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari alternator akan berhenti. Cara deteksi adalah melalui monitori level tegangan baterai. Charge controller akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan drop, maka baterai akan diisi kembali.

Charge controller biasanya terdiri dari: 1 input (2 terminal) yang terhubung dengan output alternator, 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan baterai dan 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan beban (load). Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke panel surya karena biasanya ada diode protection yang hanya melewati arus listrik DC dari alternator ke baterai, akan sebaliknya.

Charge controller bahkan ada yang mempunyai lebih dari 1 sumber daya, yaitu dari matahari, tapi juga bisa berasal dari tenaga angin atau mikro hidro (Rangga, 2017).



Gambar: 2.14 Charge Controller

2.5 Inverter

Inverter adalah perangkat elektronika yang dipergunakan untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC. Output suatu inverter dapat berupa tegangan AC dengan bentuk gelombang sinus, gelombang kotak dan sinus modifikasi. Sumber tegangan input inverter dapat menggunakan baterai, tenaga surya, atau tegangan DC yang lain. Inverter dalam proses konversi tegangan DC menjadi tegangan AC membutuhkan suatu penaik tegangan berupa step up transformer (Rangga, 2017)



Gambar: 2.15 Inverter

Berdasarkan jumlah fasa output inverter dapat dibedakan dalam:

1. Inverter 1 fasa, yaitu inverter dengan output 1 fasa.
2. Inverter 2 fasa, yaitu inverter dengan output 3 fasa.

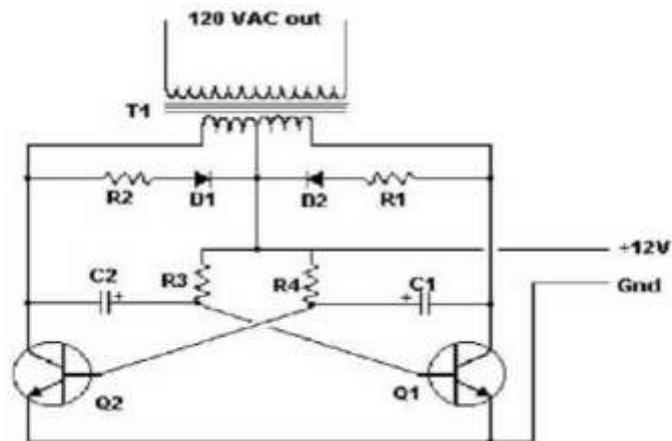
Inverter juga dapat dibedakan dengan cara pengaturan tegangan-nya, yaitu:

1. Voltage fed inverter yaitu inverter dengan tegangan input yang diatur konstan
2. Current fed inverter yaitu inverter dengan arus input yang diatur konstan
3. Variable dc linked inverter yaitu inverter dengan tegangan input yang dapat diatur

Berdasarkan bentuk gelombang output-nya inverter dapat dibedakan menjadi:

1. Sine wave inverter, yaitu inverter yang memiliki tegangan output dengan bentuk gelombang sinus murni. Inverter jenis ini dapat memberikan supply tegangan ke beban atau motor listrik dengan efisiensi daya yang baik.
2. Sine wave modified inverter, yaitu inverter dengan tegangan output berbentuk gelombang katak yang dimodifikasi sehingga menyerupai gelombang sinus. Inverter jenis ini memiliki efisiensi daya yang rendah apabila digunakan untuk mensupply beban motor listrik.

3. Square wave inverter, yaitu inverter dengan output berbentuk gelombang kotak, inverter jenis ini tidak dapat digunakan untuk mensupply tegangan ke beban induktif atau motor listrik (Rangga, 2017).

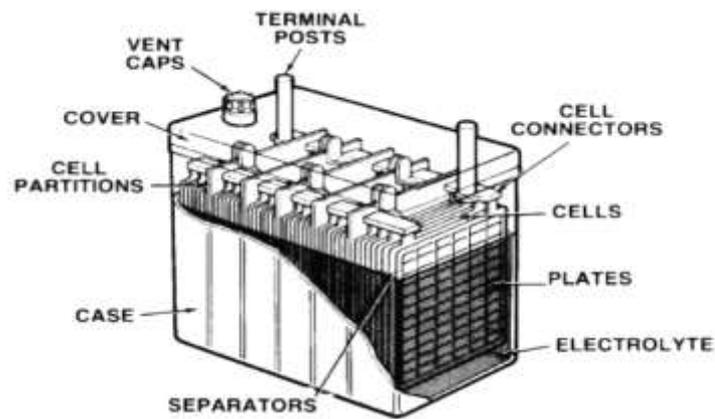


Gambar: 2.16 Contoh Rangkaian Inverter Sederhana

2.7 Baterai / Aki 12 Volt

Baterai atau aki adalah sebuah sel listrik dimana dalamnya berlangsung proses elektro kimia yang reversibel dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan

proses elektrokimia reversibel, di dalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik, dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah yang berlawanan di dalam sel.



Gambar: 2.17 Aki

Baterai / Aki juga merupakan suatu alat *electrochemical* yang dapat merubah energi kimia menjadi energi listrik melalui reaksi kimia kelistrikan. Fungsi baterai harus bisa mengikuti kondisi kendaraan, sehingga:

1. Dapat mensupply semua peralatan listrik
2. Apabila sistem pengisian rusak, dapat berfungsi sebagai sumber arus listrik
3. Mengatur keseimbangan output sistem pengisian dan beban pemakaian.

Terpenting fungsi baterai adalah mengakomodasi kebutuhan listrik DC secara optimal (Rangga, 2017).

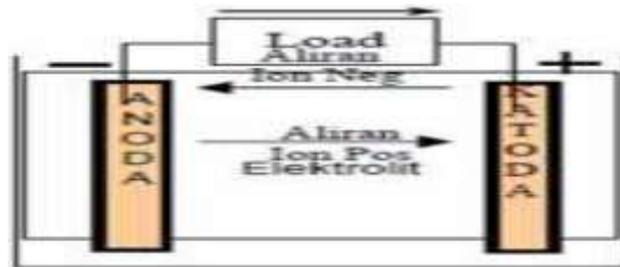
2.7.1 Prinsip Kerja Baterai

Diketahui:

1. Kutup positif terbuat dari timbul dioksida (PbO_2)
2. Kutup negatif terbuat dari timbul murni (Pb)
3. Larutan elektrolit tersebut dari asam sulfat (H_2SO_4)

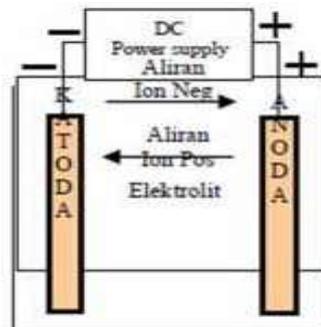
Pada prinsipnya, baterai bekerja dengan dua cara yaitu pada saat pemakaian dan pada saat pengisian.

1. Proses pengosongan (discharge), bila sel dihungkan dengan beban maka, elektron mengalir pada anoda melalui beban ke katoda kemudian ion-ion negatif mengalir ke anoda dan ion-ion positif mengalir ke katoda. Arus listrik dapat mengalir disebabkan adanya elektron yang bergerak dari elektroda sel melalui reaksi ion antara molekul elektroda dengan molekul elektrolit sehingga memberikan jalan bagi elektron untuk mengalir. Dapat dilihat pada gambar 2.18 dibawah ini (Sumber: <http://carakerjaakkumulatorialiacubaterai>).



Gambar: 2.18 Proses pengosongan (Discharge)

2. Proses pengisian (recharge), bila sel dihubungkan dengan power supply maka elektroda positif menjadi anoda dan elektroda negatif menjadi katoda dapat dilihat pada gambar: 2.19 dibawah ini.



Gambar: 2.19 Proses Pengisian (Recharge)

2.7.2 Jenis-Jenis Baterai Berdasarkan Tipenya

2.7.2.1 Baterai Tipe Basah (Wet Type)

Baterai tipe basah (*wet type*) terdiri dari elemen-elemen yang telah diisi penuh dengan muatan listrik (*full charge*) dan dalam penyimpanannya telah diisi dengan elektrolit. Baterai ini tidak bisa dipertahankan tetap dalam kondisi full charge. Selama baterai tidak digunakan dalam penyimpanan, akan reaksi kimia secara lambat yang menyebabkan berkurangnya kapasitas baterai, reaksi ini disebut "self discharge" baterai tipe basah dapat dilihat pada gambar: 2.20 dibawah ini (Sumber:<http://elektindo.com/link/kelebihan-baterai-sekunder>)



Gambar: 2.20 Baterai Tipe Basah

2.7.2.2 Baterai Tipe Kering (Dry Type)

Baterai tipe kering (*dry type*) terdiri dari plat-plat (positif dan negatif) yang telah diisi dengan muatan listrik, tetapi dengan penyimpanannya tidak diisi dengan elektrolit. Jadi keluaran pabrik dalam kondisi kering, pada dasarnya baterai ini sama seperti dengan

baterai tipe basah elemen-elemen baterai ini diisi secara khusus dengan cara memberikan DC pada plat yang direndamkan kedalam larutan elektrolit lemah. Setelah plat-plat itu terisi penuh dengan mutan listrik, kemudian diangkat dari larutan elektrolit lalu dicuci dengan air dan dikeringkan kemudian plat-plat tersebut dirangkai dalam chase baterai. Sehingga baterai yang akan dipakai, cukup diisi elektrolit dan langsung bisa digunakan tanpa discharge kembali. Baterai type kering dapat dilihat pada gambar: 2.21 dibawah ini (Sumber: <http://elektindo.com/link/kelebihan-baterai-sekunder>)



Gambar: 2.21Baterai Type Kering/MF

2.7.3 Rumus Pengukuran Baterai

Untuk menentukan baterai yang digunakan dapat dengan rumus:

$$H = \frac{\text{Tegangan baterai (v)} \times \text{Arus (Ah)}}{\text{Beban Pemakaian}}$$

Untuk mengetahui lama pengisian baterai dapat dengan rumus:

$$\text{Lama pengisian (h)} = \frac{\text{Besar kapasitas (Ah)}}{\text{Besar arus Charge (A)}}$$

(Sumber: <http://solarsuryaindonesia.com/panduan/menentukan-kebutuhan-listrik-cadangan>)

BAB 3

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Waktu Dan Tempat

Penelitian dan pembuatan laporan rancang bangun pengujian arus dan tegangan pada PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Angin) di lakukan pada tanggal 15 januari 2019 sampai dengan selesai, tempat di Laboraturium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Jalan Muchtar Basri No.03 Medan.

3.2 Peralatan Dan Bahan

Peralatan dan bahan yang akan digunakan sebagai pendukung penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.2.1 Peralatan Penelitian

1. Multimeter berfungsi sebagai alat yang digunakan untu mengukur tegangan (V), hambatan listrik (Ohm) 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. Osiloscop berfungsi sebagai alat ukur gelombang sinusoidal pada percobaan.
5. Tools Box (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 terbuat dari pipa paralon berbentuk vertikal berfungsi menangkap datangnya laju angin dan mengubah hembusan angin menjadi energi gerak yang akan memutar alternator.
2. Alternator berfungsi sebagai pembangkit tenaga listrik yang digunakan untuk mensuplay kebutuhan listrik.
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. Battery (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 $1 \times 2,5 \text{ mm}^2$ berfungsi untuk menghantarkan aliran listrik dari sumber listrik menuju ke perangkat pengguna listrik.
7. Acrylic berfungsi sebagai penempatan komponen kelistrikan.
8. Gear dan Rantai berfungsi untuk memindahkan dan mengubah tenaga dari putaran baling-baling, yang digunakan untuk memutar alternator.
9. Charger aki mobil berfungsi sebagai pengisian daya pada baterai.
10. Saklar berfungsi sebagai penghubung dan pemutus arus listrik.

11. Stop kontak berfungsi sebagai penghubung antara arus listrik ke beban.
12. Lingkar sepeda berfungsi sebagai dudukan pipa paralon pada turbin angin.
13. Piting lampu berfungsi sebagai penghubung bola lampu dengan jaringan listrik.

3.3 Metodologi Penelitian

Tahap yang dilakukan pada penelitian ini adalah studi literatur, menganalisis rancang bangun pengujian arus dan tegangan pada PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Angin).

3.3.1 Studi Literatur

Studi Literatur dimaksudkan untuk mempelajari berbagai sumber referensi atau teori dari (jurnal dan internet) yang berkaitan dengan penelitian rancang bangun pengujian arus dan tegangan pada PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Angin).

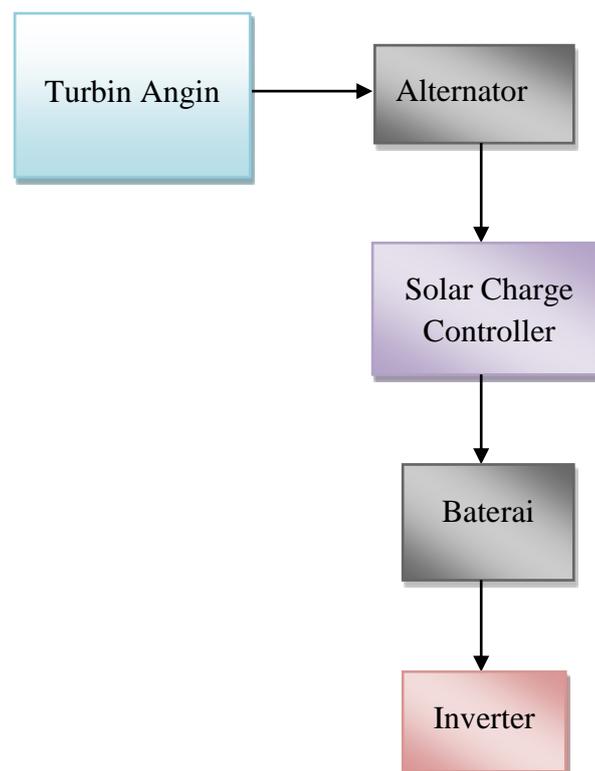
Literatur yang di pelajari adalah yang berkaitan dengan :

1. Bagaimana cara kerja rancang bangun pembangkit listrik tenaga angin.
2. Pengujian daya terhadap kecepatan angin pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin.
3. Pengujian arus dan tegangan terhadap kecepatan putaran pada alternator.

3.4 Diagram Penelitian

Untuk penelitian dan analisa data dituangkan dalam alur diagram seperti 3.1 yakni penelitian diawali dari perancang desain rancang bangun pembangkit listrik tenaga angin pada saat dipasang dapat kita ketahui arus dan tegangan.

Pengujian sendiri dilakukan dengan mengamati arus dan tegangan dengan menggunakan alat ukur tang ampere meter dan multimeter. Setelah data semua terkumpul dan dirasa cukup, penelitian mulai menyusun laporan penelitian. Penelitian akan diakhiri saat penyusunan laporan telah selesai dan melaporkan hasil penelitian kepada beberapa dosen yang telah ditentukan.



Gambar: 3.1 Diagram Blok Sistem Kerja Alternator

Keterangan dari diagram alur di bawah adalah sebagai berikut:

a. Studi literatur

Dalam studi literatur dilakukan pencarian informasi atau bahan dari materi baik dari internet, jurnal, maupun sumber-sumber lain yang berkaitan dengan penelitian ini. Materi tersebut diantaranya mengenai pengertian rancang bangun pengujian arus dan tegangan pada pembangkit listrik tenaga angin.

b. Persiapan Peralatan Dan Bahan

Setelah melakukan studi literatur, kemudian menyiapkan peralatan dan bahan yang berkaitan dengan penelitian ini. Beberapa peralatan yang di butuhkan seperti alat ukur arus dan tegangan, bahan-bahan seperti baling-baling, alternator, charge controller, baterai, inverter, kabel, acrylic, gear dan rantai.

c. Perancangan komponen pada PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Angin)

Untuk melakukan perancangan pemodelan PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Angin), maka harus mengetahui terlebih dahulu komponen-komponen apa saja yang akan digunakan pada percobaan yang menggambarkan cara kerja dari PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Angin).

d. Pengujian sistem kerja rancang bangun PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Angin).

Setelah melakukan perancangan pada PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Angin), kemudian di lanjutkan dengan pengujian cara kerja rancang bangun pembangkit listrik tenaga angin sehingga dapat menghasilkan energi listrik.

e. Analisa Data

Setelah mengetahui cara kerja rancang bangun pembangkit listrik tenaga angin, kemudian dapat dilakukan pengukuran kecepatan angin agar dapat

memutar baling-baling kincir angin, setelah melakukan pengukuran kecepatan angin kemudian dapat dilakukan pengukuran arus dan tegangan pada kecepatan putaran alternator. Data dimasukkan kedalam lembar kerja berupa tabel data, sehingga memudahkan dalam pengolahan data tersebut

f. Kesimpulan

Dari data yang sudah diolah dalam bentuk tabel dapat diambil beberapa kesimpulan. Seperti mengetahui arus dan tegangan pada kecepatan angin.

3.5 Pengukuran yang dilakukan

Pembangkit listrik tenaga angin secara umum adalah suatu sistem pembangkit listrik yang dapat mengonversikan energi kinetik dari angin menjadi energi mekanik yang terbagi menjadi 4 bagian, yaitu rotor turbin, gearbox, generator dan pembebanan. Prinsip kerjanya adalah mengubah energi kinetik dari angin menjadi energi mekanik dari putaran baling – baling yang dapat memutar rotor. Putaran dari rotor relatif lambat sehingga Pembangkit listrik tenaga angin secara umum menggunakan *gearbox* untuk mempercepat laju putaran rotor. Setelah itu generator mengubah putaran dari *gearbox* tersebut menjadi energi listrik. Perubahan dari energi angin, energi mekanik, dan energi elektrik dapat dilihat pada persamaan berikut :

1. Daya pada Turbin Angin

Energi kinetik pada suatu turbin angin dapat dirumuskan seperti pada persamaan berikut (3.1):

$$EK = \frac{1}{2} m.v^2 \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana :

Ek = Energi Kinetik (Joule),

m = massa udara (kg),

v = kecepatan angin (m/s).

Maka laju aliran massa dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$m = \rho \cdot A \cdot v \dots \dots \dots (3.2)$$

dengan nilai :

ρ = massa jenis angin (kg/m^3) (ketetapan $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$)

A = luas penampang turbin (m^2) bisa ditulis ($A = \pi r^2$).

Dari Persamaan (3.1) dan (3.2) dapat diperoleh daya angin seperti persamaan berikut ini :

$$Pa = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3 \dots \dots \dots (4.3)$$

dengan nilai :

Pa = daya angin (Watt)

Persamaan (3.3) merupakan teori perhitungan daya pada turbin angin yang hanya memperhitungkan luas penampang turbin dan kecepatan angin yang menyapu turbin. Sedangkan untuk memperhitungkan kemampuan turbin dalam mengekstraksi angin yaitu menggunakan efisiensi kerja turbin yang dapat dirumuskan dengan persamaan berikut :

$$Cp = \frac{Pm}{Pa} \dots \dots \dots (3.4)$$

dengan nilai :

Pm = daya mekanik (watt),

Cp = Koefisien daya pada turbin angin,

efisiensi kerja turbin tidak dapat melebihi 0,593, hal tersebut dikenal sebagai limit betz. Dengan menggabungkan Persamaan (3.3), (3.4) dan efisiensi kerja turbin maksimal, maka dapat dituliskan seperti persamaan berikut ini :

$$P_{max} = 0,2965 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \dots\dots\dots(3.5)$$

dengan nilai :

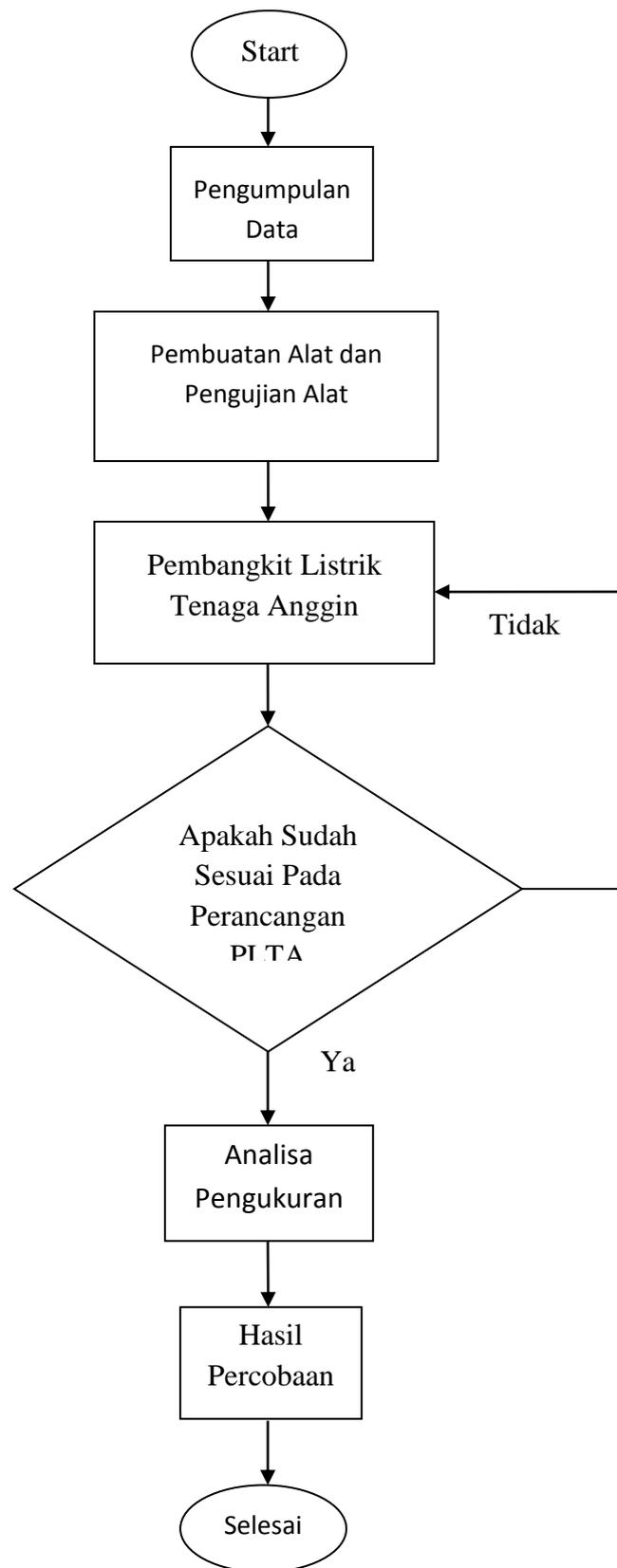
P_{max} = daya maksimum atau daya turbin angin dalam kondisi ideal.

Sehingga didapat nilai rata-rata tegangan yang dihasilkan pada pembangkit listrik tenaga angin sebagai berikut :

$$V = \sum_{i=1}^N \frac{V1+V2+V3 \text{ dst}}{5} \dots\dots\dots(3.6)$$

Sehingga didapat nilai rata-rata arus yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga angin sebagai berikut :

$$I = \sum_{i=1}^N \frac{I1+I2+I3 \text{ dst}}{5} \dots\dots\dots(3.7)$$



Gambar: 3.2 Diagram Alur

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang dilakukan untuk mengetahui rancang bangun pembangkit listrik tenaga angin dan mengetahui besarnya arus dan tegangan. Pada pengujian pembangkit listrik tenaga angin ini, terdiri dari beberapa komponen, seperti: tang amperemeter, *Anemometer*, *Multitester*, *Osiloskop* selanjutnya dari arus dan tegangan yang dihasilkan di ukur dengan alat tersebut. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui arus dan tegangan terhadap rancang bangun pembangkit listrik tenaga angin, dengan diadakannya pengujian dapat diterapkan kepada masyarakat yang bertempat tinggal terpencil dan tidak terjangkau pasokan listrik.

4.1 Hasil Penelitian

Perancangan dilakukan dalam waktu satu minggu, pengujiannya dilakukan dalam satu hari dan dilakukan pengambilan data setiap tiga jam sekali dari jam 09.00 sampai jam 19.00. Pengujian ini menggunakan sistem kecepatan angin alam dengan cara manual untuk menggerakkan turbin angin menghadap kearah datangnya angin bebas. Dengan cara menggunakan rotasi dinamis diharapkan akan dapat meningkatkan arus dan tegangan yang dihasilkan putaran turbin angin. Penelitian rancang bangun pembangkit listrik tenaga angin menggunakan bahan sebagai berikut.

1. Besi pipa penyangga

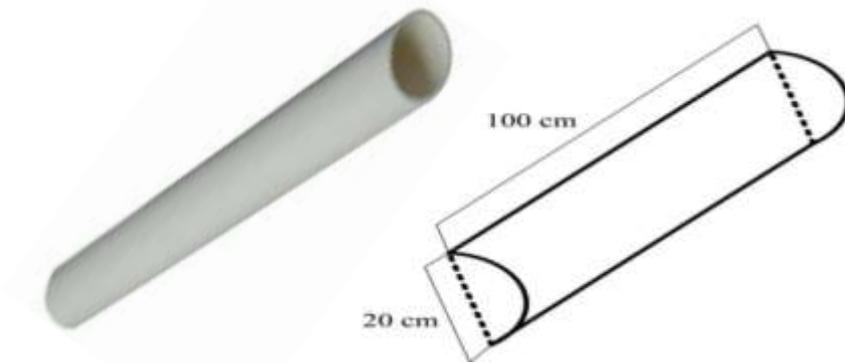
Berukuran 2 inch dan panjang besi 2 meter



Gambar 4.1 Besi Pipa Penyangga

2. Pipa Paralon

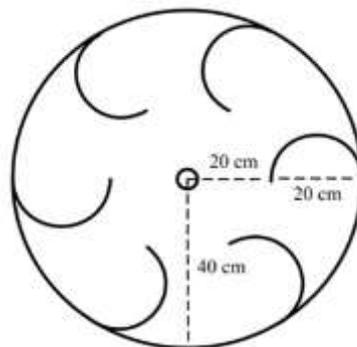
Berukuran 5 inch panjang 100 cm lebar 20 cm



Gambar 4.2 Pipa Paralon

3. Lingkar Sepeda

- a. Berukuran 14
- b. Dari as tengah ke sisi lingkar panjang 40 cm
- c. Dari as tengah ke sisi pipa paralon lebar 20 cm
- d. Kemiringan pipa masing-masing 20°



Gambar 4.3 Lingkar Sepeda

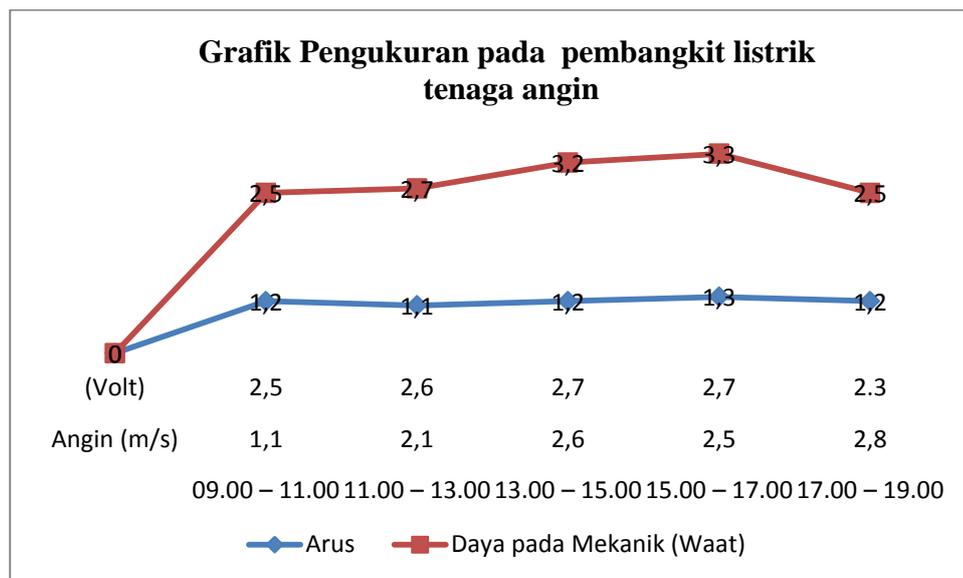
4. Generator dc



Gambar 4.4 Generator dc

Tabel 4.1. Hasil pengujian pertama pembangkit listrik tenaga angin.

No	Waktu	Suhu (⁰ C)	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Daya pada Mekanik (Waat)
1	09.00 – 11.00	29	1,1	2,5	1,2	2,5
2	11.00 – 13.00	30	2,1	2,6	1,1	2,7
3	13.00 – 15.00	32	2,6	2,7	1,2	3,2
4	15.00 – 17.00	28	2,5	2,7	1,3	3,3
5	17.00 – 19.00	31	2,8	2.3	1,2	2,5



Gambar 4.1 Grafik Pengukuran pada pembangkit listrik tenaga angin

Untuk menghitung luas sapuan angin dengan menggunakan rumus dari persamaan berikut. perhitungan dilakukan pada diameter turbin dan jari-jari turbin sebesar 0,29 , maka dapat menjadi:

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$= 3,14 \cdot 0,29^2$$

$$= 0,10 \text{ m}^2 \text{ atau } 10 \text{ cm.}$$

4.2 Analisis perhitungan laju aliran massa , Energi kinetik , daya angin dan koefisien dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

1. Perhitungan pada pukul 09.00-11.00 wib.

a.Laju aliran massa

$$m = \rho \cdot A \cdot v$$

$$= 1,2 \cdot 10 \cdot 1,1$$

$$= 13,2 \text{ Kg}$$

b.Energi Kinetik pada turbin

$$EK = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 13,2 \cdot 1,1^2$$

$$= 7,9 \text{ joule}$$

c. Daya Angin :

$$Pa = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 10 \cdot 1,1^3$$

$$= 7,9 \text{ watt}$$

d. Koefisien daya pada turbin angin

$$C_p = \frac{P_m}{P_a}$$

$$= \frac{2,5}{7,9} = 0,31$$

e. Daya maksimum atau daya turbin angin dalam kondisi ideal.

$$P_{max} = 0,2965 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

$$= 0,2965 \cdot 1,2 \cdot 10 \cdot 1,1^3$$

$$= 4,7 \text{ Watt}$$

2. Perhitungan pada pukul 11.00-13.00 wib

a. Laju aliran massa

$$m = \rho \cdot A \cdot v$$

$$= 1,2 \cdot 10 \cdot 2,1$$

$$= 25,2 \text{ Kg}$$

b. Energi Kinetik pada turbin

$$EK = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 25,2 \cdot 2,1^2$$

$$= 55,6 \text{ joule}$$

c. Daya Angin :

$$P_a = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 10 \cdot 2,1^3$$

$$= 55,6 \text{ watt}$$

d. Koefisien daya pada turbin angin

$$C_p = \frac{P_m}{P_a}$$

$$= \frac{2,7}{55,6}$$

$$= 0,05$$

e. Daya maksimum atau daya turbin angin dalam kondisi ideal.

$$P_{max} = 0,2965 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

$$= 0,2965 \cdot 1,2 \cdot 10 \cdot 2,1^3$$

$$= 32,9 \text{ Watt}$$

3. Perhitungan pada pukul 13.00-15.00 wib

a. Laju aliran massa

$$m = \rho \cdot A \cdot v$$

$$= 1,2 \cdot 10 \cdot 2,6$$

$$= 31,2 \text{ Kg}$$

b. Energi Kinetik pada turbin

$$EK = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 31,2 \cdot 2,6^2$$

$$= 105,5 \text{ joule}$$

c. Daya Angin :

$$Pa = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 10 \cdot 2,6^3$$

$$= 105,5 \text{ watt}$$

d. Koefisien daya pada turbin angin

$$Cp = \frac{Pm}{Pa}$$

$$= \frac{3,2}{105,5} = 0,03$$

e. Daya maksimum atau daya turbin angin dalam kondisi ideal.

$$P_{max} = 0,2965 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

$$= 0,2965 \cdot 1,2 \cdot 10 \cdot 2,6^3$$

$$= 62,5 \text{ Watt}$$

4. Perhitungan pada pukul 15.00-17.00 wib

a. Laju aliran massa

$$m = \rho \cdot A \cdot v$$

$$= 1,2 \cdot 10 \cdot 2,5$$

$$= 30 \text{ Kg}$$

b. Energi Kinetik pada turbin

$$\begin{aligned}
 EK &= \frac{1}{2} m \cdot v^2 \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 30 \cdot 2,5^2 \\
 &= 93,7 \text{ joule}
 \end{aligned}$$

c. Daya Angin :

$$\begin{aligned}
 Pa &= \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3 \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 10 \cdot 2,5^3 \\
 &= 93,7 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

d. Koefisien daya pada turbin angin

$$\begin{aligned}
 C_p &= \frac{P_m}{P_a} \\
 &= \frac{3,3}{37,9} = 0,09
 \end{aligned}$$

e. Daya maksimum atau daya turbin angin dalam kondisi ideal.

$$\begin{aligned}
 P_{max} &= 0,2965 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \\
 &= 0,2965 \cdot 1,2 \cdot 10 \cdot 2,5^3 \\
 &= 55,6 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

5. Perhitungan pada pukul 17.00-19.00 wib

a. Laju aliran massa

$$\begin{aligned}
 m &= \rho \cdot A \cdot v \\
 &= 1,2 \cdot 10 \cdot 2,8 \\
 &= 33,6 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

b. Energi Kinetik pada turbin

$$\begin{aligned}
 EK &= \frac{1}{2} m \cdot v^2 \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 33,6 \cdot 2,8^2 \\
 &= 132,5 \text{ joule}
 \end{aligned}$$

c. Daya Angin :

$$\begin{aligned}
 Pa &= \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3 \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 10 \cdot 2,8^3 \\
 &= 131,7 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

d. Koefisien daya pada turbin angin

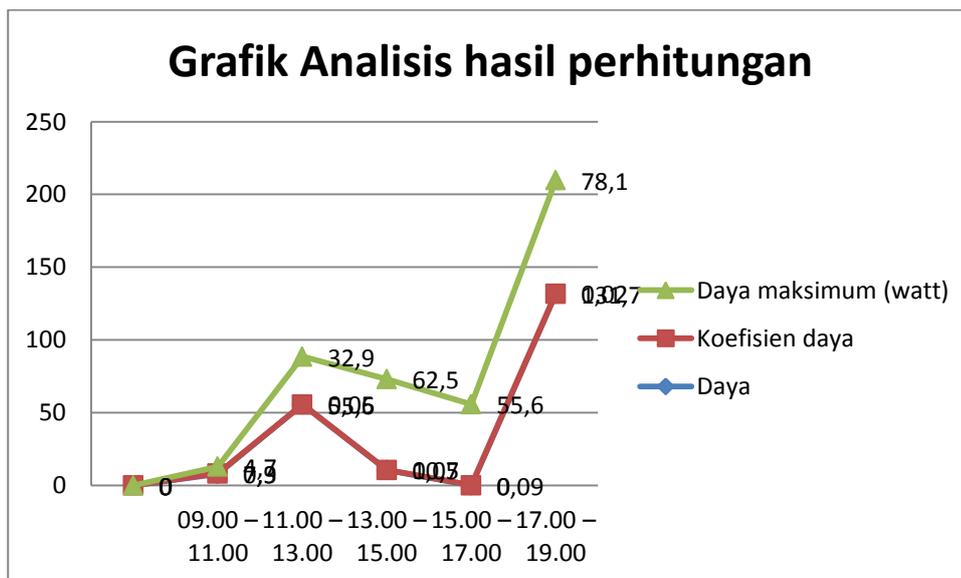
$$\begin{aligned}
 Cp &= \frac{Pm}{Pa} \\
 &= \frac{2,8}{131,7} = 0,02
 \end{aligned}$$

e. Daya maksimum atau daya turbin angin dalam kondisi ideal.

$$\begin{aligned}
 P_{max} &= 0,2965 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \\
 &= 0,2965 \cdot 1,2 \cdot 10 \cdot 2,8^3 \\
 &= 78,1 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.2. Hasil Analisis perhitungan laju aliran massa , Energi kinetik , daya angin dan koefisien

No	Waktu	Daya Angin (Watt)	Koefisien daya	Daya maksimum (watt)
1	09.00 – 11.00	7,9	0,3	4,7
2	11.00 – 13.00	55,6	0,05	32,9
3	13.00 – 15.00	10,5	0,07	62,5
4	15.00 – 17.00	93,7	0,09	55,6
5	17.00 – 19.00	131,7	0,02	78,1



Gambar 4.2 Grafik Analisis hasil perhitungan

Sehingga didapat nilai rata-rata tegangan yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga angin sebagai berikut:

$$V = \sum_{i=1}^N \frac{V1+V2+V3 \text{ dst}}{5}$$

$$V = \sum_{i=1}^N \frac{2,5+2,6+2,7+2,7+2,3}{5}$$

$$= 2,56 \text{ Volt}$$

Sehingga didapat nilai rata-rata arus yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga angin sebagai berikut :

$$I = \sum_{i=1}^N \frac{I_1+I_2+I_3 \text{ dst}}{5}$$

$$I = \sum_{i=1}^N \frac{1,2+1,1+1,2+1,3+1,2}{5}$$

$$= 1,2 \text{ Ampere}$$

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

1. Cara kerja alat ini memanfaatkan tiupan angin untuk memutar generator, kemudian dari putaran kincir ini yang akan memutar alternator mengubah energi mekanik menjadi energi listrik.
2. Perubahan kecepatan angin mempengaruhi keluaran generator, semakin tinggi kecepatan angin maka tegangan yang dihasilkan semakin tinggi.
3. Energi angin merupakan energi bersih yang tidak menimbulkan polusi layak dikembangkan di daerah bibir pantai dan daerah dengan kecepatan angin yang potensial seperti yang ada di Indonesia.

5.2 Saran

1. Pada tugas akhir ini saya hanya meneliti rancang bangun arus dan tegangan pada pembangkit listrik tenaga angin. Sehingga peneliti mengharapkan adanya penelitian lanjutan, tentang sistem perancangan turbin angin guna meneliti sistem efisiensi baterai yang lebih maksimal lagi.
2. Mengembangkan lebih jauh lagi tentang penelitian energi angin karena wilayah di Indonesia memiliki potensi yang sangat besar untuk dikembangkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Antonov Bachtiar, Wahyudi Hayattul (2018) Jurnal Teknik Elektro Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin PT.Lentera Angin Nusantara (LAN) Ciheras.
- Andri,. 2018. Jurusan Teknik Elektro. Perancangan Pembangkit Listrik Kincir Angin Menggunakan Generator Dinamo, Drillini Terhadap Empat Sumbu Harizontal. Universitas Muhammadiyah Makasar, Indonesia.
- Catu Rangga P., 2017, Jurusan Teknik Elektro Universitas Holuoleo. Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut.
- Daryanto, Y., 2007. Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu. Balai PPTAGG-UPT-LAGG.
- Diaon Satya Prayoga, Mas Sarwoko S, Ir., M.Sc.,Iswandi Hidayat, S.T.,M.T. 2016 Jurusan Teknik Elektro, Universitas Telkom. Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Vertikal-Axis Wind Turbine.
- Kadek Fendy Sutrisna,. 2011 Artikel kajian Pembangkin Listrik Tenaga Angin
- Lugas Grafity., 2013, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Negeri Batam. Perancangan Rangkaian Penyearah Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin Di Politeknik Negeri Batam.
- Mettal, Neeraj. 2001. Investigasion of performance Characterstic of a Novel VAWT. Thesis. UK: Departement of Mechanical Engineering University of Strathclyde.
- Mochammad Machmud Rifadil, Era Purwanto, Arman Jaya, Gigih Prabowo., 2013, Jurusan Teknik Elektro. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Kincir Angin Sumbu Vertikal Untuk Beban Tinggaal. Universitas Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- Puji Setiono., 2006. Jurusan Teknik elektro. Universitas Negeri Semarang, Pemanfaatan Alternator Mobil Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Angin.
- Sudirman Lubis.,2018, Jurusan Teknik Mesin. Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara Jl. Mukhtar Basri No. 3 Medan. Analisa Tegangan Keluaran Alternator Mobil Sebagai Pembangkit Energi Listrik Alternatif.

Yusuf Ismail Nakhoda, Chorul Saleh., 2015. Rancang Bangun Kincir Angin Pembangkit Tenaga Listrik Sumbu Vertikal Savonius Portabel Menggunakan Generator Magnet Permanen Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Industri Teknologi Nasional Malang.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI

Nama Lengkap : Heri Pradana
Panggilan : Heri
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 12 November 1995
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Alamat : Jln. Marelan V Lingkungan16, Gang Mawar
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Suyono
Ibu : Umi Lestari
No Hp : 0813 7583 6908
E-mail : heripradana02@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1507220001
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. KaptenMughtar Basri. No. 3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	Sekolah Dasar	SDN 066040	2008
2	SMP	SMPN 32 Medan	2011
3	SMK	SMK Swasta Sinar Husni	2014
4	Kuliah	UMSU (Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara)	2015-Selesai

RANCANG BANGUN ARUS DAN TEGANGAN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN

Heri Pradana,¹ Faisal Irsan Pasaribu,² Partaonan Harahap³
Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
Sumatera Utara
email: heripradana02@gmail.com

Abstrak

pembuatan sistem pembangkit listrik tenaga angin dengan kapasitas 100 watt dengan mengasumsi bahwa kecepatan angin rata-rata di beberapa daerah Indonesia adalah sekitar 3 m/s-7 m/s, maka simulasi angin pada pembuatan sistem pembangkit listrik tenaga angin mempunyai batasan variabel kecepatan angin yaitu 3 m/s-7 m/s. Berdasarkan potensi angin dan kondisi geografis di Indonesia yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik tugas akhir ini berkaitan dengan pembuatan sistem pembangkit listrik tenaga angin dengan generator berkapasitas 100 watt. Sistem ini dirancang untuk memudahkan penggunaan listrik dalam instalasi listrik rumah tangga.

Kata kunci : pembuatan sistem pembangkit listrik tenaga angin dengan kapasitas 100 watt, Arus dan tegangan pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin.

Abstract

making a wind power generation system with a capacity of 100 watts by assuming that the average wind speed in several regions of Indonesia is around 3 m / s-7 m / s, then the wind simulation in the manufacture of wind power generation systems has a variable wind speed limit, namely 3 m / s-7 m / s. Based on the potential of wind and geographical conditions in Indonesia, which can be used to generate electricity, this final project is related to the manufacture of a wind power generating system with a generator with a capacity of 100 watts. This system is designed to facilitate the use of electricity in household electricity installations.

Keywords: manufacture of wind power generation systems with a capacity of 100 watts, Current and voltage in a wind power plant.

PENDAHULUAN

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).

Topik yang akan digunakan pada tugas akhir ini adalah mengenai pembuatan sistem pembangkit listrik tenaga angin dengan kapasitas 100 watt dengan mengasumsi bahwa kecepatan angin rata-rata di beberapa daerah indonesia adalah sekitar 3 m/s-7 m/s, maka simulasi angin pada pembuatan sistem pembangkit listrik tenaga angin mempunyai batasan variabel kecepatan angin yaitu 3 m/s-7 m/s. Berdasarkan potensi angin dan kondisi geografis di indonesia yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik tugas akhir ini berkaitan dengan pembuatan sistem pembangkit listrik tenaga angin dengan generator berkapasitas 100 watt. Sistem ini di rancang untuk memudahkan penggunaan listrik dalam intalasi listrik rumah tangga.

Cuaca dan iklim yang tidak stabil menjadi salah satu masalah dalam pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Angin, karena ketidak stabilannya mempengaruhi besar tegangan dan arus yang di hasilkan dari Pembangkit Listrik Tenaga Angin.

Berdasarkan paparan di atas perlu di lakukan perancangan suatu alat Pembangkit Listrik Tenaga Angin, penelitian ini di lakukan

untuk mengetahui “Arus dan tegangan pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin”.

TINJAUAN PUSTAKA

Proses Terjadinya Angin

Angin merupakan salah satu unsur yang dapat mempengaruhi kondisi cuaca dan iklim. Angin adalah pergerakan udara yang disebabkan adanya perbedaan tekanan udara yang mengakibatkan adanya hembusan atau tiupan disuatu tempat atau daratan (Baachtiar & Hayattul,2018).

Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Pembangkit listrik tenaga angin adalah suatu pembangkit listrik yang menggunakan angin sebagai sumber energi untuk menghasilkan sumber energi listrik. Untuk menentukan turbin angin atau kapasitas turbin yang akan digunakan untuk pemilihan pembangkit dinyatakan dengan persamaan:

$$P = P_{tpem} X \frac{100}{x} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana:

P = kapasitas turbin

P_{tpem} = Kapasitas turbin pemasok

X = efisiensi kecepatan angin

Efisiensi kecepatan angin diformulakan sebagai berikut:

$$X = \frac{\text{rata - rata kecepatan angin} \times 100\%}{\text{Kecepatan angin maksimal}} \quad (2.4)$$

Untuk mencari hasil prosentasi beban siang, malam, dan puncak digunakan rumus:

$$R = \frac{\text{jumlah pemakaian beban}}{\text{lama waktu pemakaian}} \quad (2.5)$$

$$\% = \frac{\text{jumlah beban}}{\text{total beban pemakaian}} \times 100\% \quad (2.6)$$

Dimana:

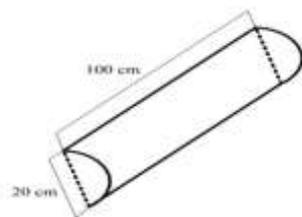
R = jumlah beban (Bachatiar & Hayattui,2018).

Kincir Angin

Kincir angin merupakan sebuah alat yang digunakan dalam sistem konversi energi angin. Kincir angin berfungsi merubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik berupa putaran poros. Putaran poros tersebut kemudian digunakan untuk beberapa hal sesuai dengan kebutuhan seperti memutar dinamo atau generator untuk menghasilkan listrik.

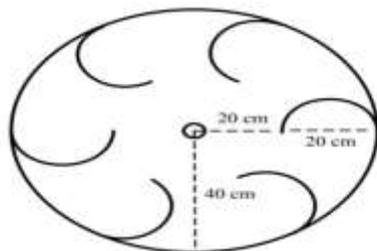
Perancangan Kincir Angin

Banyak model atau jenis kincir angin sumbu vertikal, dari beberapa faktor yang harus dipertimbangkan, salah satunya adalah dapat digunakan pada kecepatan angin yang rendah. Dalam penelitian dikembangkan prototipe kincir angin sumbu vertikal model Savonius. Pada jenis ini, angin yang berhembus salah satu bila rotor diharapkan lebih banyak mengalir ke bila rotor lainnya melalui celah di sekitar poros sehingga pada bila rotor ini, akibatnya rotor dapat berputar lebih cepat (Nakhoda & Saleh, 2015).



Gambar: 2.6 Desain blade Kincir Angin

Desain kincir angin sumbu vertikal dibuat dengan 6 (enam) buah blade yang model konstruksinya dibuat secata portabel, sehingga dapat dirakit dan dipindah-pindah dengan mudah (Nakhoda & Saleh, 2015).



Gambar: 2.7 Desain Rumah blade Kincir Angin

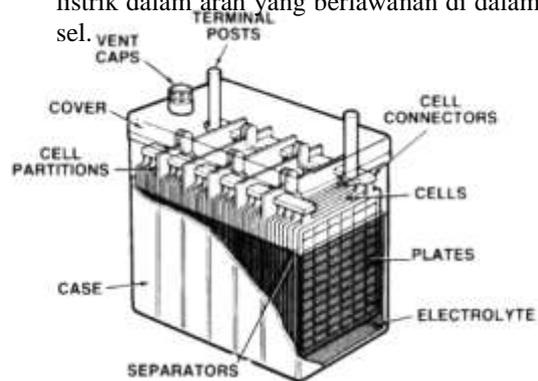
Generator / Alternator

Secara umum generator / alternator adalah peralatan yang merubah energi mekanik menjadi energi listrik. Generator yang menghasilkan keluaran berupa tegangan AC disebut alternator. Generator terbagi menjadi 2 bagian yaitu stator atau sebagai yang diam, dan rotor atau bagian yang berputar. Komponen utama dari generator yaitu magnet dan lilitan tembaga atau coil. Jika magnet terdapat pada bagian rotor, maka coil nya berada di stator, begitu pula sebaliknya (Prayoga & Sarwoko & Hidayat, 2016).

Baterai / Aki 12 Volt

Baterai atau aki adalah sebuah sel listrik dimana dalamnya berlangsung proses elektro kimia yang reversibel dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan

proses elektrokimia reversibel, di dalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik, dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah yang berlawanan di dalam sel.



Gambar: 2.17 Aki

Baterai / Aki juga merupakan suatu alat *electrochemical* yang dapat merubah energi kimia menjadi energi listrik melalui reaksi kimia kelistrikan. Fungsi baterai harus bisa mengikuti kondisi kendaraan, sehingga:

1. Dapat mensupply semua peralatan listrik
2. Apabila sistem pengisian rusak, dapat berfungsi sebagai sumber arus listrik
3. Mengatur keseimbangan output sistem pengisian dan beban pemakaian. Terpenting fungsi baterai adalah mengakomodasi kebutuhan listrik DC secara optimal (Rangga, 2017).

METODELOGI PENELITIAN

Waktu Dan Tempat

Penelitian dan pembuatan laporan rancang bangun pengujian arus dan tegangan pada PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Angin) di lakukan pada tanggal 15 januari 2019

sampai dengan selesai, tempat di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Jalan Muchtar Basri No.03 Medan.

Metodelogi Penelitian

Tahap yang dilakukan pada penelitian ini adalah studi literatur, menganalisis rancang bangun pengujian arus dan tegangan pada PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Angin).

Studi Literatur

Studi Literatur dimaksudkan untuk mempelajari berbagai sumber referensi atau teori dari (jurnal dan internet) yang berkaitan dengan penelitian rancang bangun pengujian arus dan tegangan pada PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Angin).

Literatur yang di pelajari adalah yang berkaitan dengan :

1. Bagaimana cara kerja rancang bangun pembangkit listrik tenaga angin.
2. Pengujian daya terhadap kecepatan angin pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin.
3. Pengujian arus dan tegangan terdapat kecepatan putaran pada alternator.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang dilakukan untuk mengetahui rancang bangun pembangkit listrik tenaga angin dan mengetahui besarnya arus dan tegangan. Pada pengujian pembangkit listrik tenaga angin ini, terdiri dari beberapa komponen, seperti: tang amperemeter, *Anemometer*, *Multitester*, *Osiloskop* selanjutnya dari arus dan tegangan yang dihasilkan di ukur dengan alat tersebut. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui arus dan tegangan terhadap rancang bangun pembangkit listrik tenaga angin, dengan diadakannya pengujian dapat diterapkan kepada masyarakat yang bertempat tinggal terpencil dan tidak terjangkau pasokan listrik.

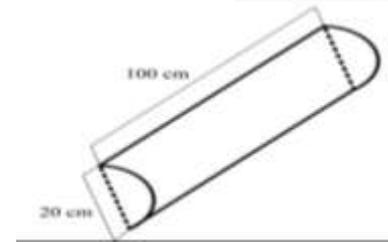
Hasil Penelitian

Perancangan dilakukan dalam waktu satu minggu, pengujiannya dilakukan dalam satu hari dan dilakukan pengambilan data setiap tiga jam sekali dari jam 09.00 sampai jam 19.00. Pengujian ini menggunakan sistem kecepatan angin alam dengan cara manual untuk menggerakkan turbin angin menghadap kearah datangnya angin bebas. Dengan cara menggunakan rotasi dinamis diharapkan akan dapat meningkatkan arus dan tegangan

yang dihasilkan putaran turbin angin. Penelitian rancang bangun pembangkit listrik tenaga angin menggunakan bahan sebagai berikut.

1. Besi pipa penyangga
Berukuran 2 inch dan panjang besi 2 meter

Gambar 4.1 Besi Pipa Penyangga

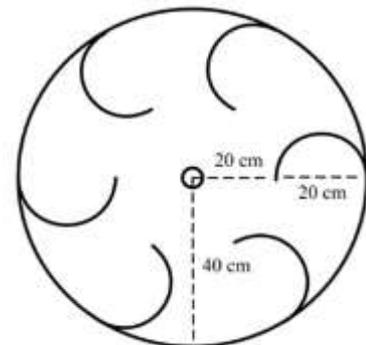


2. Pipa Paralon
Berukuran 5 inch panjang 100 cm lebar 20 cm



Gambar 4.2 Pipa Paralon

3. Lingkar Sepeda
 - a. Berukuran 14
 - b. Dari as tengah ke sisi lingkar panjang 40 cm
 - c. Dari as tengah ke sisi pipa paralon lebar 20 cm
 - d. Kemiringan pipa masing-masing 20°



Gambar 4.3 Lingkar Sepeda

4. Generator dc

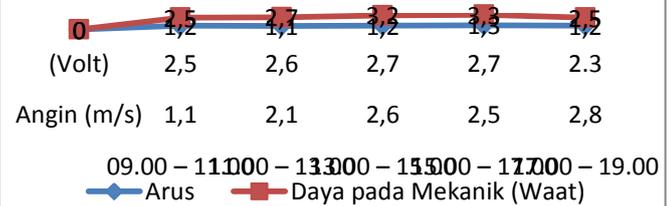


Gambar 4.4 Generator dc

Tabel 4.1. Hasil pengujian pertama pembangkit listrik tenaga angin.

No	Waktu	Suhu (°C)	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Daya pada Mekanik (Watt)
1	09.00 – 11.00	29	1,1	2,5	1,2	2,5
2	11.00 – 13.00	30	2,1	2,6	1,1	2,7
3	13.00 – 15.00	32	2,6	2,7	1,2	3,2
4	15.00 – 17.00	28	2,5	2,7	1,3	3,3
5	17.00 – 19.00	31	2,8	2,3	1,2	2,5

Grafik Pengukuran pada pembangkit listrik tenaga angin



Gambar 4.1 Grafik Pengukuran pada pembangkit listrik tenaga angin

Untuk menghitung luas sapuan angin dengan menggunakan rumus dari persamaan berikut. perhitungan dilakukan pada diameter turbin dan jari-jari turbin sebesar 0,29 , maka dapat menjadi:

$$\begin{aligned}
 A &= \pi \cdot r^2 \\
 &= 3,14 \cdot 0,29^2 \\
 &= 0,10 \text{ m}^2 \text{ atau } 10 \text{ cm.}
 \end{aligned}$$

Analisis perhitungan laju aliran massa , Energi kinetik, daya angin dan koefisien dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

1. Perhitungan pada pukul 09.00-11.00 wib.

a. Laju aliran massa

$$\begin{aligned}
 m &= \rho \cdot A \cdot v \\
 &= 1,2 \cdot 10 \cdot 1,1 \\
 &= 13,2 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

b. Energi Kinetik pada turbin

$$\begin{aligned}
 EK &= \frac{1}{2} m \cdot v^2 \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 13,2 \cdot 1,1^2 \\
 &= 7,9 \text{ joule}
 \end{aligned}$$

c. Daya Angin :

$$\begin{aligned}
 Pa &= \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3 \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 10 \cdot 1,1^3 \\
 &= 7,9 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

d. Koefisien daya pada turbin angin

$$C_p = \frac{P_m}{P_a}$$

$$= \frac{2,5}{7,9} = 0,31$$

e. Daya maksimum atau daya turbin angin dalam kondisi ideal.

$$P_{max} = 0,2965 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

$$= 0,2965 \cdot 1,2 \cdot 10 \cdot 1,1^3$$

$$= 4,7 \text{ Watt}$$

Perhitungan pada pukul 11.00-13.00 wib

a. Laju aliran massa

$$m = \rho \cdot A \cdot v$$

$$= 1,2 \cdot 10 \cdot 2,1$$

$$= 25,2 \text{ Kg}$$

b. Energi Kinetik pada turbin

$$EK = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 25,2 \cdot 2,1^2$$

$$= 55,6 \text{ joule}$$

c. Daya Angin :

$$P_a = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 10 \cdot 2,1^3$$

$$= 55,6 \text{ watt}$$

d. Koefisien daya pada turbin angin

$$C_p = \frac{P_m}{P_a}$$

$$= \frac{2,7}{55,6}$$

$$= 0,05$$

e. Daya maksimum atau daya turbin angin dalam kondisi ideal.

$$P_{max} = 0,2965 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

$$= 0,2965 \cdot 1,2 \cdot 10 \cdot 2,1^3$$

$$= 32,9 \text{ Watt}$$

3. Perhitungan pada pukul 13.00-15.00 wib

a. Laju aliran massa

$$m = \rho \cdot A \cdot v$$

$$= 1,2 \cdot 10 \cdot 2,6$$

$$= 31,2 \text{ Kg}$$

b. Energi Kinetik pada turbin

$$EK = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 31,2 \cdot 2,6^2$$

$$= 105,5 \text{ joule}$$

c. Daya Angin :

$$P_a = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 10 \cdot 2,6^3$$

$$= 105,5 \text{ watt}$$

d. Koefisien daya pada turbin angin

$$C_p = \frac{P_m}{P_a}$$

$$= \frac{3,2}{105,5} = 0,03$$

e. Daya maksimum atau daya turbin angin dalam kondisi ideal.

$$P_{max} = 0,2965 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

$$= 0,2965 \cdot 1,2 \cdot 10 \cdot 2,6^3$$

$$= 62,5 \text{ Watt}$$

4. Perhitungan pada pukul 15.00-17.00 wib

a. Laju aliran massa

$$m = \rho \cdot A \cdot v$$

$$= 1,2 \cdot 10 \cdot 2,5$$

$$= 30 \text{ Kg}$$

b. Energi Kinetik pada turbin

$$EK = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 30 \cdot 2,5^2$$

$$= 93,7 \text{ joule}$$

c. Daya Angin :

$$Pa = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 10 \cdot 2,5^3$$

$$= 93,7 \text{ watt}$$

d. Koefisien daya pada turbin angin

$$Cp = \frac{Pm}{Pa}$$

$$= \frac{3,3}{37,9} = 0,09$$

e. Daya maksimum atau daya turbin angin dalam kondisi ideal.

$$P_{max} = 0,2965 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

$$= 0,2965 \cdot 1,2 \cdot 10 \cdot 2,5^3$$

$$= 55,6 \text{ Watt}$$

Perhitungan pada pukul 17.00-19.00 wib

a. Laju aliran massa

$$m = \rho \cdot A \cdot v$$

$$= 1,2 \cdot 10 \cdot 2,8$$

$$= 33,6 \text{ Kg}$$

b. Energi Kinetik pada turbin

$$EK = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 33,6 \cdot 2,8^2$$

$$= 132,5 \text{ joule}$$

c. Daya Angin :

$$Pa = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 10 \cdot 2,8^3$$

$$= 131,7 \text{ watt}$$

d. Koefisien daya pada turbin angin

$$Cp = \frac{Pm}{Pa}$$

$$= \frac{2,8}{131,7} = 0,02$$

e. Daya maksimum atau daya turbin angin dalam kondisi ideal.

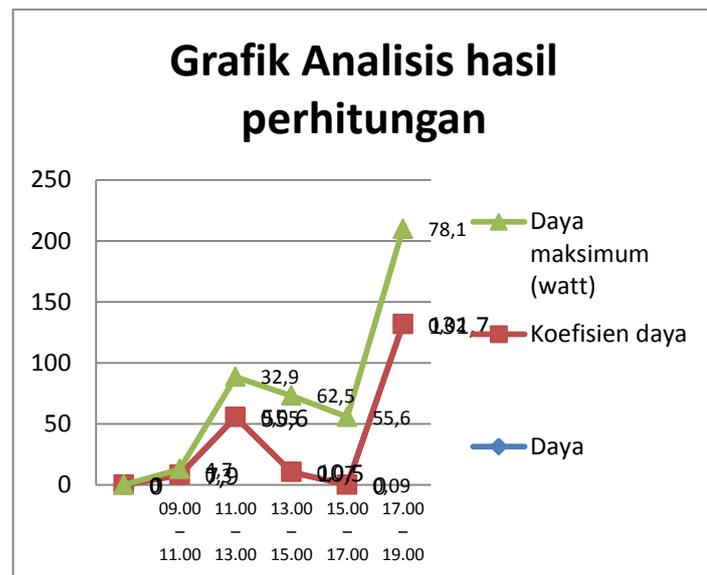
$$P_{max} = 0,2965 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

$$= 0,2965 \cdot 1,2 \cdot 10 \cdot 2,8^3$$

= 78,1 Watt

Tabel 4.2. Hasil Analisis perhitungan laju aliran massa , Energi kinetik , daya angin dan koefisien

No	Waktu	Daya Angin (Watt)	Koefisien daya	Daya maksimum (watt)
1	09.00 – 11.00	7,9	0,3	4,7
2	11.00 – 13.00	55,6	0,05	32,9
3	13.00 – 15.00	10,5	0,07	62,5
4	15.00 – 17.00	93,7	0,09	55,6
5	17.00 – 19.00	131,7	0,02	78,1



Gambar 4.2 Grafik Analisis hasil perhitungan

Sehingga didapat nilai rata-rata tegangan yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga angin sebagai berikut:

$$V = \sum_{i=1}^N \frac{V1+V2+V3 \text{ dst}}{5}$$

$$V = \sum_{i=1}^N \frac{2,5+2,6+2,7+2,7+2,3}{5}$$

= 2,56 Volt

Sehingga didapat nilai rata-rata arus yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga angin sebagai berikut :

$$I = \sum_{i=1}^N \frac{I1+I2+I3 \text{ dst}}{5}$$

$$I = \sum_{i=1}^N \frac{1,2+1,1+1,2+1,3+1,2}{5}$$

$$= 1,2 \text{ Ampere}$$

KESIMPULAN

Kesimpulan

1. Cara kerja alat ini memanfaatkan tiupan angin untuk memutar generator, kemudian dari putaran kincir ini yang akan memutar alternator mengubah energi mekanik menjadi energi listrik.
2. Perubahan kecepatan angin mempengaruhi keluaran generator, semakin tinggi kecepatan angin maka tegangan yang dihasilkan semakin tinggi.
3. Energi angin merupakan energi bersih yang tidak menimbulkan polusi layak dikembangkan di daerah bibir pantai dan daerah dengan kecepatan angin yang potensial seperti yang ada di Indonesia.

Saran

1. Pada tugas akhir ini saya hanya saya hanya meneliti rancang bangun arus dan tegangan pada pembangkit listrik tenaga angin. Sehingga peneliti mengharapkan adanya penelitian lanjutan, tentang sistem perancangan turbin angin guna meneliti sistem efisiensi baterai yang lebih maksimal lagi.
2. Mengembangkan lebih jauh lagi tentang penelitian energi angin karena wilayah di Indonesia memiliki potensi yang sangat besar untuk dikembangkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Antonov Bachtiar, Wahyudi Hayattul (2018) Jurnal Teknik Elektro Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin PT.Lentera Angin Nusantara (LAN) Ciheras.
- Andri., 2018. Jurusan Teknik Elektro. Perancangan Pembangkit Listrik Kincir Angin Menggunakan Generator Dinamo, Drillini Terhadap Empat Sumbu Horizontal. Universitas Muhammadiyah Makasar, Indonesia.
- Catu Rangga P., 2017, Jurusan Teknik Elektro Universitas Holuoleo. Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut.
- Daryanto, Y., 2007. Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu. Balai PPTAGG-UPT-LAGG.
- Diaon Satya Prayoga, Mas Sarwoko S, Ir., M.Sc., Iswandi Hidayat, S.T., M.T. 2016 Jurusan Teknik Elektro, Universitas Telkom. Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Vertikal-Axis Wind Turbine.
- Kadek Fendy Sutrisna., 2011 Artikel kajian Pembangkit Listrik Tenaga Angin
- Lugas Grafity., 2013, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Negeri Batam. Perancangan Rangkaian Penyearah Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin Di Politeknik Negeri Batam.
- Mettal, Neeraj. 2001. Investigation of performance Characteristic of a Novel VAWT. Thesis. UK: Departement of Mechanical Engineering University of Strathclyde.
- Mochammad Machmud Rifadil, Era Purwanto, Arman Jaya, Gigih Prabowo., 2013, Jurusan Teknik Elektro. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Kincir Angin Sumbu Vertikal Untuk Beban Tinggaal. Universitas Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- Puji Setiono., 2006. Jurusan Teknik elektro. Universitas Negeri Semarang, Pemanfaatan Alternator Mobil Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Angin.

- Sudirman Lubis.,2018, Jurusan Teknik Mesin. Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara Jl. Mukhtar Basri No. 3 Medan. Analisa Tegangan Keluaran Alternator Mobil Sebagai Pembangkit Energi Listrik Alternatif.
- Yusuf Ismail Nakhoda, Chorul Saleh., 2015. Rancang Bangun Kincir Angin Pembangkit Tenaga Listrik Sumbu Vertikal Savonius Portabel Menggunakan Generator Magnet Permanen Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Industri Teknologi Nasional Malang.