

TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN TURBIN ANGIN SEBAGAI PENGGERAK MULA ALTERNATOR PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN

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

Disusun Oleh:

IRWANSYAH
1507220028



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Irwansyah
NPM : 1507220028
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Pemanfaatan Turbin Angin Sebagai Penggerak Mula Alternator 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, 21 Maret 2019

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji

Partaon Harahap, S.T.,M.T

Dosen Pembimbing II / Peguji

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

Dosen Pembanding I / Penguji

Zulfikar, S.T., M.T

Dosen Pembanding II / Peguji

Indra Roza, S.T., M.T

Program Studi Teknik Elektro
Ketua,

Faisal Irsan P, S.T., M.T



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Irwansyah
Tempat /Tanggal Lahir : Suka Jadi/25 Desember 1995
NPM : 1507220028
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

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

“Pemanfaatan Turbin Angin Sebagai Penggerak Mula Alternator Pada Pembangkit 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.

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

Medan, 21 Maret 2019

Saya yang menyatakan,



Irwansyah

ABSTRAK

Salah satu pemanfaatan energi yang saat ini memiliki potensi besar untuk dikembangkan adalah energi angin. Energi ini merupakan energi yang relatif bersih dan ramah lingkungan karena tidak menghasilkan karbon dioksida (CO₂). Selain itu energi angin tidak menghasilkan limbah yang berbahaya bagi lingkungan populasi udara ataupun manusia. Eksploitasi energi angin ini memang sangat baik, mengingat angin tidak akan pernah habis dan berkurang. Lain halnya dengan bahan bakar fosil atau BBM (Bahan Bakar Minyak) yang akan habis bila dipakai secara terus menerus. Dengan Pemanfaatan Turbin Angin Sebagai Penggerak Mula Alternator Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin. Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah bagi mahasiswa dapat memahami kegunaan turbin angin sebagai pembangkit listrik tenaga angin. Disaat riset penelitian dilakukan kecepatan angin terbesar selama percobaan 2,8 m/s dengan putaran alternator 120 rpm, keluaran tegangan yang dihasilkan 2,1 volt dengan arus 0,52 ampere. Dari hasil eksperimen yang telah didapatkan, hubungan antara output tegangan dan arus berbanding lurus dengan kecepatan putaran alternator. Berdasarkan hasil penelitian ini, perbaikan dan pengembangan eksperimen ini sangat diperlukan, terutama pada kecepatan angin dan pengaruhnya terhadap putaran alternator. Sebaiknya pemakaian turbin angin ini diterapkan didaerah yang kecepatan anginnya cepat dan konstanta perharinya, seperti daerah pantai agar tegangan dan arus keluaran dari alternator semakin besar yang dihasilkan.

Kata Kunci : Angin, Turbin angin, Alternator, Tegangan dan Arus

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa Perbandingan Arus dan Tegangan pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Partaonan Harahap, ST, MT selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, ST, MT, selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Zulfikar, S.T, MT, selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Dosen Prgram Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Partaonan Harahap, ST, MT, yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Wakil Ketua Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.

7. Orang tua penulis: Asranik dan Paisem, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat penulis: Muhammad Murdani, Dedi Setiawan, Purnomo, Imam Rizki, Heri Pradana, M. Nurdan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil/Mesin/Elektro.

Medan, 21 Maret 2019

Irwansyah

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penyusunan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Tinjauan Pustaka Relevan	6
2.2. Landasan Teori	9
2.2.1. Turbin Angin	9
2.2.2. Jenis-Jenis Turbin Angin	9
2.2.3. Mekanisme Turbin Angin	13
2.2.4. Kontruksi Turbin Angin	14
2.2.5. Angin	23
2.2.6. Alternator	26
2.2.6.1 Prinsip Kerja Alternator	26
2.2.6.2 Kontruksi Alternator	34
2.2.7 Kerangka Berfikir	38
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	40
3.1 Waktu dan Tempat	40
3.2 Peralatan dan Bahan	40
3.2.1 Peralatan Penelitian	40
3.2.2 Bahan dan Alat Penelitian	41
3.3 Metode Tahap-Tahap Percobaan	42
3.4 Diagram Blok Alat	42
3.5 Diagram Alur Penelitian	43
3.6 Metode Pendekatan Untuk Hasil	46
3.7 Metode Pengumpulan Data	47

BAB 4	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	48
4.1	Hasil Penelitian Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin	48
4.1.1	Hasil Pengukuran Kecepatan Angin Yang Dapat Memutar Turbin Angin	48
4.1.2	Data Hasil Penelitian Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin	49
4.2	Output Dari Alternator (Tegangan dan Arus)	51
4.2.1	Menentukan Tegangan dan Arus Rata-rata dari Hasil percobaan PLTA (Angin)	51
4.2.2	Menentukan Perhitungan Daya Listrik yang dihasilkan PLTA (Angin)	52
4.3	Hubungan Antara Putaran Alternator Dengan Tegangan dan Arus Yang Dihasilkan	53
4.3.1	Hubungan Antara Putaran Alternator Dengan Tegangan	53
4.3.2	Hubungan Antara Putaran Alternator Dengan Arus	54
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1.	Kesimpulan	55
5.2.	Saran	56
	DAFTAR PUSTAKA	57
	LEMBAR ASISTENSI	
	LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
4.1. Hasil Kecepatan Angin Yang Dapat Memutar Turbin Angin	48
4.2. Hasil Penelitian Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Turbin Angin Horizontal	10
2.2. Turbin Vertikal	11
2.3. Anemometer	13
2.4. Gearbox	15
2.5. Putaran Fluksi Pada Generator DC	17
2.6. Generator	17
2.7. Prinsip Kerja Generator DC	20
2.8. Alternator	26
2.9. Magnet Berputar Didalam Kumaran	27
2.10. Kumaran Menghasilkan Elektromagnet	28
2.11. Gelombang Sinus pembangkitan Arus Bolak-Balik Satu Fase	29
2.12. Pembangkitan Arus Bolak-Balik Tiga Fase	30
2.13. Gelombang Sinus Pembangkitan Arus Bolak-balik Tiga Fase	30
2.14. Penyearahan Dengan Diode Pada Alternator Mobil	31
2.15. Grafik Arus Penyearahan Dengan Diode Pada Alterbator Mobil	31
2.16. Arah Arus Pada Kumaran SampaiKe Diode	31
2.17. Rangkaian Pengatur Tegangan	34
2.18. Bagian-Bagian Utama Alternator	34
2.19. Rotor Alternator	35
2.20. Stator Alternator	36
2.21. Komponen Diode Alternator	37
3.1. Diagram Blok Alat	42
3.2. Diagram Alur Penelitian	45
4.1. Grafik Pengaruh Kecepatan Angin	49
4.2. Grafik Hubungan Antara Putaran Turbin Angin dan Putaran Alternator Akibat Dari Kecepatan Angin	50
4.3. Grafik Hubungan Antara Putaran Alternator Dengan Tegangan	53
4.4. Grafik Hubungan Antara Putaran Alternator Dengan Arus	54

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pada saat ini bahan bakar fosil masih banyak digunakan untuk memproduksi listrik, dimana bahan bakar tersebut jika terus digunakan akan habis dan susah diperbaharui. Sebagian besar masyarakat di Indonesia rata-rata masih banyak yang menggunakan bahan bakar fosil mulai dari proses industri, penerangan, sampai kendaraan baik roda dua maupun roda empat. Disamping itu sering terjadinya pemadaman listrik secara bergilir dan terjadinya gangguan listrik, yang mengakibatkan masyarakat menanggulangi padamnya listrik dengan menggunakan genset sebagai energi pengganti. Sementara ketidakstabilan harga BBM (Bahan Bakar Minyak) yang semakin mahal membuat masyarakat harus berfikir ulang untuk menekan biaya produksi atau keperluan rumahan.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka perlu dilakukan pembuatan Pembangkit Listrik tenaga energi terbarukan dengan sumber pembangkit dari alam yang dapat diperbarui, seperti energi angin sebagai solusi habisnya bahan bakar fosil. Sehingga peneliti merencanakan ingin melakukan perancangan pembuatan turbin angin vertical sebagai penggerak awal alternator untuk menghasilkan energi listrik. Energi angin adalah energi yang relatif bersih dan ramah lingkungan karena tidak menghasilkan karbon dioksida (CO_2). Selain itu energi angin tidak menghasilkan limbah yang berbahaya bagi lingkungan ataupun manusia. Eksploitasi energi angin ini memang sangat baik, mengingat angin tidak akan pernah habis dan berkurang. Lain

halnya dengan bahan bakar fosil atau BBM (Bahan Bakar Minyak) yang akan habis bila dipakai secara terus menerus. Dengan adanya energi angin perancangan pembuatan turbin angin vertical akan maksimal [1].

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Turbin angin ini pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dan lain-lain. Kini turbin angin lebih banyak digunakan sebagai pembangkit listrik, yaitu dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui seperti angin. Prinsip dasar kerja dari turbin angin itu sendiri adalah mengubah energi mekanis dari angin menjadi energi putar pada kincir, lalu putaran kincir digunakan untuk memutar generator, yang akhirnya akan menghasilkan energi listrik [2].

Generator adalah salah satu komponen terpenting dalam pembuatan sistem turbin angin. Namun yang akan kita bahas dalam penelitian ini adalah tentang alternator. Cara kerja alternator sama halnya dengan generator, yaitu berfungsi untuk merubah energi mekanik (gerak) menjadi energi listrik. Listrik yang dihasilkan oleh alternator berbentuk listrik AC (bolak-balik). Untuk merubah arus keluaran AC menjadi DC, maka pada alternator dilengkapi komponen penyearah arus yaitu diode (rectifier). Diode ini menjadi satu di dalam alternator. Arus listrik yang dihasilkan merupakan tegangan DC antara 0 volt sampai dengan 7,46 volt. Output dari alternator di olah dengan menggunakan modul MT 3608. Modul MT 3608 digunakan untuk menstabilkan dan menaikkan tegangan yang dipasang pada bagian input dan output dari rangkaian charging [3].

Dari hasil pembahasan yang diperoleh dan disampaikan, telah dibuat *prototype* pembangkit listrik tenaga angin dengan turbin ventilator sebagai penggerak mula alternator yang mampu berputar dengan kecepatan 6 m/s adalah 7,46 volt. Semakin cepat kecepatan angin akan mengakibatkan tegangan maupun arus listrik yang dihasilkan semakin besar.

Atas dasar penelitian diatas, perlu dihadirkan sebuah strategi yang dapat membuat energi listrik dengan adanya Pemanfaatan Turbin Angin Sebagai Penggerak Mula Alternator Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah ini sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan kecepatan angin yang dapat memutar kincir angin.
2. Bagaimana menentukan pengaruh angin terhadap nilai arus dan tegangan yang dihasilkan alternator akibat dari putaran turbin.

1.3 Batasan Masalah

Banyaknya aspek yang ada pada penelitian ini tidak semuanya akan dibahas. Namun penulis memberikan batasan masalah untuk memudahkan dalam proses perancangan maupun pengujian turbin angin ini, yaitu:

1. Penelitian hanya dilakukan dilaboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Peneliti hanya mengukur kecepatan angin yang dapat memutar kincir angin.

3. Peneliti hanya mengukur nilai arus dan tegangan dari keluaran alternator dari pembangkit listrik tenaga angin.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Ingin mengetahui berapa m/s kecepatan angin yang dapat memutar kincir angin.
2. Ingin mengetahui seberapa besar pengaruh angin terhadap nilai arus dan tegangan keluaran dari alternator akibat dari putaran turbin.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat pada penelitian ini dapat memperluas wawasan dan sekaligus memperoleh pengetahuan empirik mengenai pemanfaatan turbin angin sebagai penggerak mula alternator pada pembangkit listrik tenaga angin. Dan penelitian ini dapat bermanfaat menjadi referensi bagi mahasiswa yang ingin melakukan kajian terhadap penelitian ini. Selain itu dalam penelitian yang dilakukan ini, diharapkan mampu memberikan sumbangsih pengetahuan supaya tidak ketergantungan dengan alat pembangkit listrik yang berbahan bakar minyak bumi seperti, genset ataupun diesel yang dapat menimbulkan adanya gas polusi udara.

1.6 Sistematika Penyusunan

Untuk memperjelas dan memudahkan penyusunan skripsi ini maka, penulis mencantumkan sistematikanya, adapun sistematika tersebut adalah:

1. Bagian awal, terdiri dari: judul, pengesahan, motto dan persembahan, kata pengantar, abstrak, daftar isi, daftar gambar dan daftar tabel.
2. Bagian isi yang terdiri dari:
 - a. **BAB I Pendahuluan**, berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penyusunan.
 - b. **BAB II Tinjauan Pustaka**, menjelaskan konsep teori yang menunjang kasus tugas akhir, setelah itu ada landasan teori dalam landasan teori akan diuraikan mengenai prinsip pembangkit listrik tenaga angin, karakteristik turbin dan prinsip kerja turbin, serta keadaan angin.
 - c. **BAB III Metodologi Penelitian**, bab ini akan menguraikan tentang penentuan obyek penelitian, metode pengumpulan data, alat dan bahan yang digunakan, prosedur penelitian serta metode analisis data.
 - d. **BAB IV Hasil Penelitian dan Pembahasan**, dalam bab ini diuraikan tentang hasil penelitian yang dilakukan dilapangan, analisis data serta pembahasan.
 - e. **BAB V Penutup**, berisi kesimpulan dan saran, setelah itu bagian akhir berisi daftar pustaka.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Made Padmika, I Made Satriya Wibawa dan Ni Luh Putu Trisnawati (2017) tentang perancangan pembangkit listrik tenaga angin dengan turbin ventilator sebagai penggerak generator yang memanfaatkan kecepatan angin sebagai penggerak. Listrik yang dihasilkan berupa tegangan DC antara 0 volt sampai dengan 7,46 volt. Output generator diolah dengan menggunakan modul MT3608. Modul MT3608 digunakan untuk menstabilkan dan menaikkan tegangan yang dipasang di input dan output dari rangkaian charging. Untuk pengujian alat, kecepatan angin yang dipakai dari kecepatan angin 0 m/s sampai dengan 6 m/s. keluaran maksimal alat ini dengan kecepatan angin 6 m/s dengan 7,46 volt [4].

Pada penelitian sebelumnya yang telah dibuat oleh Agus Ulinuha dan Wahyu Adi Widodo (2018) tentang perancangan pembangkit listrik tenaga angin skala mikro untuk penerangan jalan dengan turbin angin sebagai penggerak awal generator induksi. Dalam riset ini dikembangkan untuk memperoleh energi mekanik dari tenaga angin melalui turbin angin tipe horizontal yang terkopel secara langsung dengan generator. Arah baling-baling diatur dengan sirip pada sisi belakang sumbu untuk mendapatkan dorongan angin maksimal. Generator yang digunakan adalah tipe generator induksi yang dimodifikasi dengan penambahan magnetic strip. Penyearah satu fasa digunakan untuk mengkonversi tegangan listrik bolak-balik dari generator menjadi tegangan listrik searah yang disuplaikan

ke baterai untuk keperluan penyimpanan energi. Untuk keperluan penerangan jalan, digunakan saklar otomatis berbasis LDR yang menyalakan lampu ketika keadaan gelap. Hasil pengujian menunjukkan tegangan pada kisaran 11,1-11,8 volt pada kecepatan angin sedang yang cukup untuk memasok baterai. Dengan tinggi tiang penyangga 3,5 meter turbin telah dapat berputar cukup baik dan energi yang tersimpan dalam baterai cukup untuk menyalakan lampu penerangan LED 10 W, 12 V selama semalam [5].

Pada penelitian sebelumnya yang telah dibuat oleh Wahyudi Budi Pramono, Warindi dan Achmad Hidayat (2015). Tentang perancangan mini generator turbin angin 200 W untuk energi angin kecepatan rendah. Kecepatan angin yang rendah tersebut harus dikonversikan menjadi energi listrik dengan generator yang sesuai dengan karakteristik kecepatan anginnya. Pada penelitian ini akan merancang dan membuat sebuah mini generator dengan daya keluaran 200 W yang mampu bekerja pada karakteristik angin kecepatan rendah. Mini generator ini berjenis radial fluks magnet permanen dengan menggunakan magnet Neodymun N50, dirancang pada kecepatan 500 rpm dengan daya yang dihasilkan sebesar 200 Watt pada tegangan 50 V dan frekuensi 50 Hz. Hasil pengujian mini generator saat berbeban pada kecepatan 495 rpm dihasilkan nilai tegangan antar saluran sebesar 48,86 V, arus saluran 2,09 A, daya 177,56 VA dengan factor daya 0,87 lagging atau 154,57 waat dan efsiensi 85,97%. Generator dapat bekerja dengan baik pada karakteristik angin yang berubah-ubah sehingga dapat dimanfaatkan sebagai salah satu komponen pembangkit listrik tenaga angin [6].

Dari penelitian sebelumnya yang telah dibuat oleh Suriyanto Buyung (2017). Tentang perancangan sudu-sudu pembangkit listrik tenaga angin tipe savonius

mini dengan pembuatan kincir angin sumbu vertikal. Hasil dari pembuatan kincir angin sumbu vertikal ini adalah dapat menghasilkan listrik yang bisa membantu untuk media pembelajaran pada kampus politeknik katolik saint paul sorong, adapun dengan pengukuran bahan yang digunakan adalah taco meter dengan pengujian dilakukan selama 7 hari, setiap hari pengujian dimulai dari pukul 10.00 – 15.00 wit dengan beberapa jarak dengan menggunakan spesifikasi dari kecepatan kipas angin sebesar 220 m/menit dengan hubungan antara kecepatan dengan daya aktual dengan kecepatan rendah 3,29 m/s dengan daya yang dihasilkan 0,0000543 watt sedangkan untuk kecepatan 3,66 m/s yang dihasilkan daya sebesar 0,0065 watt [7].

Pada penelitian selanjutnya yang telah dilakukan oleh Puji Setiono (2006), yaitu tentang pemanfaatan alternator mobil sebagai pembangkit listrik tenaga angin. Tujuan penelitian ini adalah bagaimana cara memanfaatkan alternator mobil sebagai pembangkit listrik tenaga angin. Metodologi yang digunakan adalah eksperimen dengan *one shot case study* dimana obyek penelitian diberi perlakuan tertentu kemudian dilakukan pengukuran. Teknik analisis yang digunakan adalah analisis deskriptif. Berdasarkan hasil pengamatan dari pemanfaatan alternator mobil sebagai pembangkit listrik tenaga angin, alternator mobil dapat mengeluarkan tenaga listrik DC dengan memanfaatkan energi angin. Dengan kecepatan angin sebesar 5,7 m/det sampai dengan 6,3 m/det akan memutar baling-baling yang menghasilkan kecepatan putaran alternator sebesar 120 rpm sampai dengan 210 rpm dan tegangan keluaran rata-rata sebesar 10,64 volt, arus sebesar 3,8 ampere, sehingga energi yang dikeluarkan perjam sebesar 40,4 Watt [8].

2.2 Landasan Teori

Pengubahan energi angin menjadi energi listrik pada alat-alat yang sederhana dapat dilakukan dengan menggunakan alternator mobil. Hal ini terjadi karena adanya turbin angin atau kincir angin yang berputar akibat dari hembusan angin kemudian menggerakkan putaran alternator, sehingga menghasilkan energi listrik.

2.2.1 Turbin Angin

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Prinsip dasar kerja dari turbin angin itu sendiri adalah mengubah energi mekanis dari angin menjadi energi putar pada kincir, lalu putaran kincir digunakan untuk memutar generator atau alternator yang akhirnya akan menghasilkan energi listrik.

2.2.2 Jenis - Jenis Turbin Angin

Turbin angin pada prinsipnya dapat dibedakan atas dua jenis turbin berdasarkan arah putarannya. Turbin angin yang berputar pada poros horizontal disebut dengan turbin angin Horizontal atau Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT), sementara yang berputar pada poros vertikal disebut dengan turbin angin Vertikal atau Vertikal Axis Wind Turbine (VAWT). Kedua jenis turbin inilah yang kini memperoleh perhatian besar untuk dikembangkan. Pemanfaatannya yang sekarang digunakan adalah untuk memompa air oleh para petani dan pembangkit tenaga listrik [9].

Turbin angin terdiri atas dua jenis, yaitu :

- a. Turbin angin Horizontal 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 2.1 Turbin angin Horizontal

Sumber : <http://www.satuenergi.com/2015/10>

Turbin angin horizontal memiliki shaft rotor pada puncak tower dan harus diarahkan ke arah angin bertiup. Sebagian besar turbin yang besar memiliki gearbox yang merubah kecepatan putaran rotor yang ditransfer ke generator sehingga putaran menjadi lebih cepat.

Kelebihan Turbin Angin Horizontal

- Tower-nya yang tinggi memungkinkan untuk mendapatkan angin dengan kekuatan yang lebih besar. Pada beberapa area, setiap 10 meter ada kenaikan tambahan kekuatan angin 20% dan peningkatan daya 34%.

- Efisiensi lebih tinggi, karena blades selalu bergerak tegak lurus terhadap arah angin, menerima daya sepanjang putaran.

Kekurangan Turbin Angin Horizontal

- Dibutuhkan konstruksi tower yang besar untuk mensupport beban blade, gearbox dan generator.
 - Komponen-komponen dari turbin angin horizontal (blade, gearbox dan generator) harus diangkat ke posisinya pada saat pemasangan.
 - Membutuhkan kontrol yang safety untuk mengarahkan blade kearah angin.
- b. Turbin angin Vertikal merupakan suatu sistem konversi energi angin yang digolongkan dalam jenis turbin angin berporos tegak. Turbin angin ini pertama kali ditemukan oleh Georges Jean Marie Darrieus tahun 1920. Keuntungan dari turbin jenis Darrieus ini adalah tidak memerlukan mekanisme orientasi pada arah angin (tidak perlu mendeteksi arah angin yang paling tinggi kecepatannya) seperti pada turbin angin horizontal.



Gambar 2.2 Turbin Angin Vertikal

Sumber : <http://www.satuenergi.com/2015/10>

Turbin angin vertikal ini memiliki shaf rotor vertikal. Kegunaan utama dari penempatan rotor ini adalah turbin angin tidak perlu diarahkan ke arah angin bertiup. Hal ini sangat berguna pada daerah dimana arah angin sangat variatif atau memiliki turbulensi. Dengan subu vertikal generator dan komponen-komponen primer lainnya dapat ditempatkan dekat dengan permukaan tanah, sehingga tower tidak perlu support dan hal ini menyebabkan pengontrolan lebih mudah dibandingkan dengan turbin angin horizontal.

Kelebihan Turbin Angin Vertikal

- Tidak diperlukan mekanisme yang tinggi untuk pengontrolan
- Sebuah turbin angin yang bisa dekat dengan permukaan tanah, sehingga lebih mudah untuk menjaga bagian yang bergerak.
- Turbin angin vertikal memiliki kecepatan startup angin rendah dibandingkan dengan turbin angin horizontal.
- Turbin angin vertikal dapat dibangun di lokasi dimana struktur yang tinggi dilarang.

Kekurangan Turbin Angin Vertikal

- Kebanyakan turbin angin vertikal memiliki penurunan efisiensi dibandingkan turbin angin horizontal.
- Memiliki rotor dekat dengan permukaan tanah dimana kecepatan angin lebih rendah dan tidak mengambil keuntungan dari kecepatan angin tinggi di atas.
- Karena tidak umum digunakan terutama karena kerugian serius yang sering terjadi [10].

Adapun kecepatan angin diukur dengan alat yang disebut anemometer. Anemometer paling banyak dipakai dalam bidang Meteorologi dan Geofisika atau

stasiun perkiraan cuaca, alat ini masih diyakini alat yang paling akurat untuk mengukur kecepatan angin. Nama alat ini berasal dari kata Yunani “anemos” yang berarti angin. Fungsi anemometer tidak hanya digunakan untuk mengukur angin, tetapi juga bisa mengukur gas [12].



Gambar 2.3 Anemometer

Sumber : <https://m.es.aliexpress.com>

Kecepatan angin minimum untuk menggerakkan sebuah turbin angin berskala kecil (10 kW), dapat menghasilkan listrik dengan kecepatan angin rata-rata sebesar 3 m/s. Sedangkan untuk turbin angin berskala besar (100 kW) dapat menghasilkan listrik dengan kecepatan angin rata-rata sebesar 5 m/s [13].

2.2.3 Mekanisme Turbin Angin

Sebuah pembangkit listrik tenaga angin dapat dibuat dengan menggabungkan beberapa turbin angin sehingga menghasilkan energi listrik ke unit penyalur listrik. Listrik dialirkan melalui kabel transmisi dan didistribusikan kerumah-rumah, kantor, sekolah, pabrik dan sebagainya.

Turbin angin dapat memiliki tiga buah bilah turbin. Jenis lain yang umum adalah jenis turbin dua bilah. Jadi, bagaimana turbin angin menghasilkan listrik? Turbin angin bekerja sebagai kebalikan dari kipas angin. Bukannya menggunakan

listrik untuk membuat angin, seperti pada kipas angin, turbin angin menggunakan angin untuk membuat listrik.

Angin akan memutar sudut turbin, kemudian memutar sebuah poros yang dihubungkan dengan generator, lalu menghasilkan listrik. Turbin untuk pemakaian umum berukuran 50 – 750 kilowatt. Sebuah turbin kecil, kapasitas 50 kilowatt, digunakan untuk perumahan, piringan parabola, atau pemompa air.

Sistem semula jadi pengudaraan digerakkan oleh tiga kaidah :

1. Tekanan angin
2. Kesan tingkat (perbedaan suhu)
3. Campuran tekanan angin dan perbedaan suhu

2.2.4 Kontruksi Turbin Angin

Kontruksi turbin angin secara umum dijelaskan oleh Wikipedia Indonesia, terdiri dari sudu, gearbox, break system, generator, penyimpan energi, dan Rectifier-inverter, jenis menara.

a. Sudu

Sudu merupakan bagian dari sebuah kincir angin berupa pelat yang rata. Bila sejumlah udara dengan kecepatan v bergerak melalui bidang seluas πR^2 (luas sudu), maka daya yang terdapat di dalam angin dapat ditentukan dengan rumus :

$$p = \frac{1}{2} \rho v^3 \pi R^2 \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

P = Daya (watt)

ρ = Kerapatan udara (Kg/m^3)

v = Kecepatan angin (m/s)

πR = Luas sudu (m^2)

Energi kinetik dari satu m^3 udara yang bergerak, ditemukan dengan rumus :

$$E = \frac{1}{2} \rho v^2 \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

E = Energi (Joule)

ρ = Kerapatan udara (Kg/m^3)

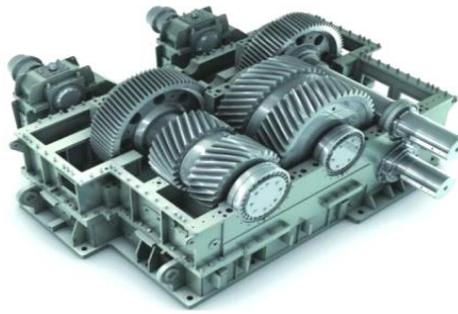
v = Kecepatan angin (m/s)

Untuk mendapatkan hasil yang optimal dari sebuah kincir angin maka perlu diperhatikan sebagai berikut :

1. Bentuk sudu seperti sekerup atau memuntir, sehingga aerodinamisnya semakin baik.
2. Untuk mendapatkan energi yang lebih baik sayap – sayap dipasang langsung pada rotor.
3. Untuk sudu yang ideal berjumlah 3 buah sudu, karena menghasilkan pembagian gaya dan keseimbangan yang lebih baik [13].

b. Gearbox

Gearbox atau transmisi salah satu komponen yang disebut sebagai sistem pemindah tenaga. Alat ini juga berfungsi untuk mengubah putaran rendah pada kincir menjadi putaran tinggi. Dalam pemeliharaannya digunakan oli untuk menjaga permukaan dan komponen dalam tetap pada ukuran putarannya, dari waktu ke waktu harus di isi dengan oli yang baru agar kondisi gearbox bisa tahan lama dan tidak berkarat.



Gambar 2.4 Gearbox

Sumber : *indiamed.com*

c. Break system

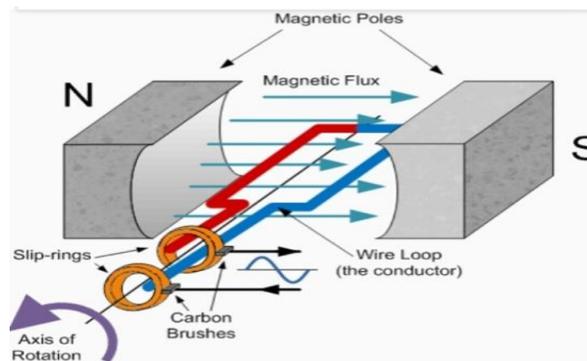
Digunakan untuk menjaga putaran pada poros gearbox. Agar gearbox bekerja pada titik aman saat terdapat angin yang besar. Alat ini perlu dipasang karena generator memiliki titik kerja aman dalam pengoperasiannya. Generator ini akan menghasilkan energi listrik maksimal pada saat bekerja pada titik kerja yang telah ditentukan. Kehadiran angin diluar akan menyebabkan putaran yang cukup cepat pada poros generator, sehingga jika tidak diatasi maka putaran ini dapat merusak generator. Dampak dari kerusakan akibat putaran berlebih diantaranya : overheat, rotor breakdown, kawat pada generator putus, karena tidak dapat menahan arus yang cukup besar [13].

d. Generator

Generator ada dua jenis, yaitu generator AC (arus bolak-balik) dan generator DC (arus searah). Namun halnya pada penelitian ini akan menggunakan generator DC. Adapun prinsip kerja serta perbedaan antara generator AC dan generator DC sebagai berikut :

Generator AC dan generator DC memiliki perbedaan prinsip. Untuk generator DC kumparan jangkar ada pada bagian rotor dan terletak di antara

kutub-kutub magnet yang tetap di tempat, diputar oleh tenaga mekanik. Pada generator AC, konstruksinya sebaliknya yaitu, kumparan jangkar disebut juga kumparan stator karena berada pada tempat yang tetap, sedangkan kumparan rotor bersama-sama dengan kutub magnet diputar oleh tenaga mekanik.



Gambar 2.5 Putaran Flux

Sumber : <http://www.info-elektro.com/2016/11>

Jika kumparan rotor yang berfungsi sebagai pembangkit kumparan medan magnet yang terletak di antara kutub magnet utara dan selatan diputar oleh tenaga angin atau tenaga lainnya, maka pada kumparan rotor akan timbul medan magnet atau fluks yang bersifat bolak-balik atau fluks putar. Flux putar ini akan memotong-motong kumparan stator, sehingga pada ujung-ujung kumparan stator timbul gaya gerak listrik karena pengaruh induksi dan flux putar tersebut [13].



Gambar 2.6 Generator

Sumber : Teknik-Otomotif.com

1. Generator AC

Pada generator AC dipakai sebuah medan magnetik yang berputar sehingga energi listrik dan lilitan stator dapat dikeluarkan. Arus penguatan untuk rotor dihasilkan oleh satu atau lebih lilitan generator yang dipasang pada poros dimana juga rotor terpasang. Listrik yang dihasilkan disearahkan dengan bantuan dioda. Dioda adalah elemen pengantar tanggung yang meneruskan arus listrik hanya pada satu arah. Generator AC jenis praktis menghasilkan arus bolak-balik tiga fase dengan frekuensi yang tergantung dan jumlah putaran rotor. Hal ini praktis tidak memungkinkan penghubungan jaringan (50Hz), kecuali kalau dengan perantara pengaturan putaran jaringan dapat disinkronisasikan.

2. Generator DC

Bekerjanya generator DC berdasarkan pengaruh timbal balik antara medan-medan magnetik dari stator dan rotor. Di dalam lilitan stator, arus tiga fase yang dihubungkan membangkitkan medan magnetik yang berputar. Karena ini terjadilah medan magnetik di dalam rotor sehingga di dalam lilitan-lilitan yang dihubungkan dengan singkat, mengalir arus. Sebagai akibatnya arus ini mengubah medan rotornya sedemikian rupa sehingga rotor itu berputar. Di medan rotor dan medan stator selalu harus ada perubahan, sebab kalau tidak begitu mesinnya tidak dapat bekerja.

Jadi, rotor itu tidak akan pernah berputar sinkron dengan medan rotor. Kalau motornya yang berputar, rotor itu berputar mengikuti medan stator. Perbedaan antara putaran rotor dan medan stator disebut selip dan dinyatakan dengan proses dan putaran sinkron. Bila rotor ini berputar lebih cepat dan pada medan stator, maka mesinnya bekerja sebagai generator. Juga di sini terdapat selip. Tegangan

yang dihasilkan adalah sefase dengan tegangan jaringan; variasi jumlah putaran (dalam batas-batas tertentu) diserap oleh selip.

A. Keuntungan Generator DC

1. Generator ini tidak begitu peka terhadap gangguan. Di dalamnya tidak terdapat sikat-sikat arang, gelang gelang seret dan pengaturan-pengaturan yang mudah rusak. Terutama bagi kincir angin, hal ini sangat penting karena kincir angin tidak mudah dimasuki untuk perawatan.
2. Sedikit variasi pada jumlah putaran ditampung oleh selip, sehingga alat-alat yang mahal untuk mengkonstarikan putaran tidak diperlukan.
3. Sebuah generator menghasilkan arus setelah diperkuat oleh tegangan jaringan. Jadi, generator itu merupakan suatu keseluruhan dengan jaringan.

B. Kekurangan Generator DC

1. Mesinnya memerlukan arus mati jaringan. Walaupun arus mati sebenarnya tidak membangkitkan daya di dalam mesin, tetapi itu dapat menimbulkan kerugian pada kawat-kawat dimulai dan sentral. Dampak ini dapat dibatasi dengan kompensasi arus mati.
2. Arus gerak awal sangat tinggi, sehingga akibat dan menurunnya tegangan pada saluran-saluran dapat terjadi kelipan inisialnya pada cahaya lampu. Sebuah varian pada generator DC adalah mesin nadi gelang seret. Di sini lilitan rotornya tidak dihubungkan secara singkat, tetapi dikeluarkan melalui gelang-gelang seret. Dengan mengatur arus rotorya, beberapa variasi yang lebih besar dalam jumlah putarannya masih dapat diserap [13].

C. Prinsip kerja Generato DC

Prinsip kerja suatu generator arus searah berdasarkan hokum Faraday :

Dimana :

N = Jumlah Lilitan

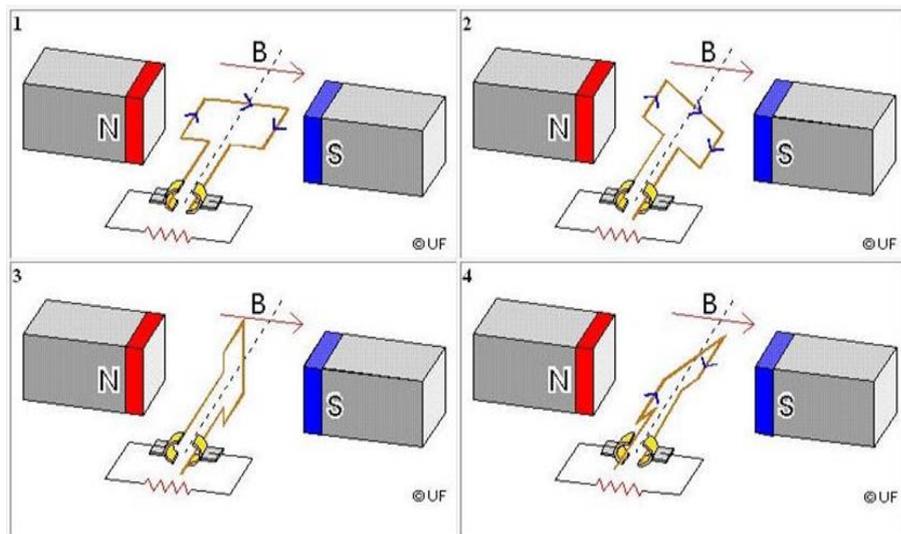
\emptyset = Fluksi Magnet

e = Tegangan Imbas, GGL (Gaya Gerak Listrik)

Dengan lain perkataan, apabila suatu konduktor memotong garis-garis fluksi magnetik yang berubah-ubah, maka GGL akan dibangkitkan dalam konduktor itu.

Jadi syarat untuk dapat dibangkitkan GGL adalah :

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



Gambar 2.7 Prinsip Kerja Generator DC

Sumber : Trikueni-desain-sistem.blogspot.com

Keterangan gambar :

1. Pada gambar generator DC sederhana dengan sebuah penghantar kutub tersebut, dengan memutar rotor (penghantar) maka pada penghantar akan timbul EMF.
2. Kumputaran ABCD terletak dalam medan magnet sedemikian rupa sehingga sisi A-B dan C-D terletak tegak lurus pada arah fluksi magnet.
3. Kumputaran ABCD diputar dengan kecepatan sudut yang tetap terhadap sumbu putarnya yang sejajar dengan sisi A-B dan C-D.
4. GGL induksi yang terbentuk pada sisi A-B dan C-D besarnya sesuai dengan perubahan fluksi magnet yang dipotong kumputaran ABCD tiap detik sebesar :

Untuk menentukan arah arus pada setiap saat, berlaku pada kaidah tangan kanan :

1. Ibu jari : gerak perputaran
2. Jari telunjuk : medan magnetik kutub utara dan selatan
3. Jari tengah : besaran galvanis tegangan U dan arus I
4. Untuk perolehan arus searah dari tegangan bolak-balik, meskipun tujuan utamanya adalah pembangkitan tegangan searah, tampak bahwa tegangan kecepatan yang dibangkitkan pada kumputaran jangkar merupakan tegangan bolak-balik. Bentuk gelombang yang berubah-ubah tersebut karenanya harus disearahkan [16].

e. Penyimpanan Energi

Karena keterbatasan ketersediaan akan energi angin (tidak sepanjang hari angin akan selalu tersedia) maka ketersediaan listrik pun tidak menentu. Oleh karena itu digunakan alat penyimpan energi yang berfungsi sebagai back-up

energi listrik. Ketika beban penggunaan daya listrik masyarakat meningkat atau ketika kecepatan angin suatu daerah sedang menurun, maka kebutuhan permintaan akan daya listrik tidak dapat terpenuhi. Oleh karena itu kita perlu menyimpan sebagian energi yang dihasilkan ketika terjadi kelebihan daya pada saat turbin angin berputar kencang atau saat penggunaan daya pada masyarakat menurun.

Penyimpanan energi ini diakomodasi dengan menggunakan alat penyimpan energi. Contoh sederhana yang dapat dijadikan referensi sebagai alat penyimpan energi listrik adalah accu mobil. Accu mobil memiliki kapasitas penyimpanan energi yang cukup besar. Accu 12 volt, 65 Ah dapat dipakai untuk mencatu rumah tangga (kurang lebih) selama 0.5 jam pada daya 780 watt. Kendala dalam menggunakan alat ini adalah alat ini memerlukan catu daya DC (Direct Current) untuk mengcharge/mengisi energi, sedangkan dari generator dihasilkan catu daya AC (Alternating Current). Oleh karena itu diperlukan rectifier-inverter untuk mengakomodasi keperluan ini.

f. Rectifier Inverter

Rectifier berarti penyearah. Rectifier dapat menyearahkan gelombang sinusoidal (AC) yang dihasilkan oleh generator menjadi gelombang DC. Inverter berarti pembalik. Ketika dibutuhkan daya dari penyimpan energi (accu/lainnya) maka catu yang dihasilkan oleh accu akan berbentuk gelombang DC. Karena kebanyakan kebutuhan rumah tangga menggunakan catu daya AC, maka diperlukan inverter untuk mengubah gelombang DC yang dikeluarkan oleh accu menjadi gelombang AC, agar dapat digunakan oleh rumah tangga.

g. Jenis Menara

1. Menara Kerangka

Konstruksi menara ini terdiri dari besi – besi siku yang dibuat sedemikian rupa hingga menjadi sebuah menara, tingginya disesuaikan dengan kebutuhan. Menara ini juga biasa terbuat dari besi bulat atau baja sehingga menara lebih tahan lama.

2. Menara Pipa

Menara ini terbuat dari sebuah pipa yang mempunyai kawat-kawat sebagai penegak tiang, dan kawat-kawat tersebut harus diikat dengan jangkar, maka pondasinya dapat lebih ringan. Dengan adanya kawat penegak tiang menara tidak mudah tumbang, tetapi dalam pemasangan menara pipa ini membutuhkan lahan yang cukup luas.

2.2.5 Angin

Pengertian angin adalah gerakan udara dari daerah yang bertekanan tinggi ke daerah yang bertekanan rendah. Angin adalah energi yang relatif bersih dan ramah lingkungan karena tidak menghasilkan karbon dioksida (CO₂). Selain itu energi angin tidak menghasilkan limbah yang berbahaya bagi lingkungan ataupun manusia.

1. Pengudaraan Oleh Tekanan Angin

Dalam iklim panas ataupun lembab, kelajuan angin diperlukan untuk menyejukkan kulit. Angin yang ada perlu ditangkap dan digunakan sepenuhnya untuk bangunan PLT Angin. Kesan angin berlebihan dapat dikontrol menggunakan kaidah manual atau otomatis. Apabila angin bertiup dan mengenai bangunan, tekanan statik terbentuk di bagian dinding luar

dan ditentukan oleh laju angin serta arah angin. Penyebaran tekanan angin dipengaruhi beberapa faktor :

- a. Bentuk bangunan
- b. Kelajuan angin dan arah
- c. Lokasi dan lingkungan

Tekanan permukaan positif di bagian angin datang dan negatif di bagian belakang angin. Walau bagaimanapun, tekanan pada sisi boleh jadi negatif atau positif bergantung kepada sudut tuju angin dan bentuk bangunan.

2. Keadaan Angin Setempat

Angin merupakan faktor penting dalam pembangunan PLT Angin. Angin merupakan gerakan udara terhadap permukaan bumi. Kecepatan gerakan udara itu dinamakan “kecepatan angin”. Semakin tinggi tempat, semakin kencang pula angin yang bertiup. Hal ini disebabkan oleh pengaruh gaya gesekan yang menghambat laju udara. Di permukaan bumi, gedung-gedung, gunung, pohon dan pografi yang tidak rata lainnya memberi gesekan yang besar. Maka semakin tinggi suatu tempat, gaya gesekan ini akan semakin kecil [13].

3. 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 di darat lebih tinggi karena pantulan panas matahari merenggangkan udara di daratan.

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.

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.

4. Angin Fohn

Angin fohn terjadi karena udara yang turun mendapatkan pemanasan secara dinamis yang diikuti turunnya kelembapan nisbi.

5. Angin Munson Barat

Angin monsun barat terjadi pada bulan Oktober-April. Bulan-bulan itu kedudukan matahari berada di belahan 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.

6. Angin Munson Timur

Angin munsoon 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 [1].

2.2.6 Alternator

Alternator mobil merupakan sebuah alat pembangkit tenaga listrik yang berfungsi sebagai penyuplay energi listrik untuk kebutuhan kelistrikan pada mobil seperti, lampu penerangan, lampu indicator, pengapian, injeksi bahan bakar dan peralatan listrik lainnya. Alternator mempunyai konstruksi yang sederhana, pada alternator terdapat beberapa keuntungan bila dibandingkan dengan mesin listrik lainnya. Keuntungannya adalah pada alternator tidak terdapat bunga api antara sikat-sikat dan *slipring*, disebabkan tidak terdapat komutator yang dapat menyebabkan sikat menjadi aus [11].



Gambar 2.8 Alternator

Sumber : Sudirman Lubis, 2018

2.2.6.1 Prinsip Kerja Alternator

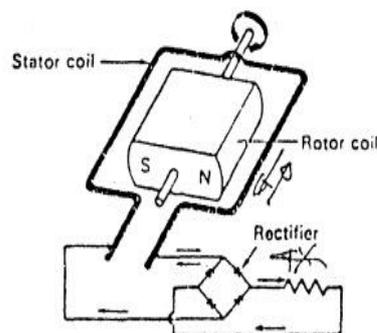
- a. Magnet berputar didalam kumparan

Arus listrik dibangkitkan dalam kumparan pada saat kumparan diputar dalam medan magnet. Jenis arus listrik yang dibangkitkan adalah arus bolak-balik yang arah alirannya secara konstan berubah-ubah dan untuk merubahnya menjadi arus searah, diperlukan sebuah komutator dan brush (sikat-sikat).

Sikat ini adalah untuk menarik arus searah yang dibangkitkan pada setiap stator coil. Armatur dengan komutator dapat diputar di dalam kumparan. Akan tetapi, konstruksi armatur akan menjadi rumit dan tidak dapat diputar pada kecepatan tinggi. Kerugian yang lainnya adalah bahwa arus mengalir melalui komutator dan sikat (brush), maka keausan akan cepat terjadi karena adanya lompatan api.

Mendapatkan arus searah dapat dilakukan dengan menyearahkan arus bolak-balik yang dihasilkan oleh stator coil tetap sebelum dijadikan output dengan menggunakan rectifier, atau dengan cara mengganti putaran stator coil dengan memutar magnet dalam kumparan. Semakin besar volume listrik yang dibangkitkan di dalam kumparan, maka kumparan semakin panas dikarenakan aliran arus. Oleh karena itu, pendinginan akan menjadi lebih baik kalau stator coil ditempatkan di luar dengan rotor coil berputar di dalamnya.

Untuk tujuan itulah maka alternator mobil menggunakan kumparan pembangkit (stator coil) dengan magnet (rotor coil) di dalamnya (perhatikan Gambar 2.9).

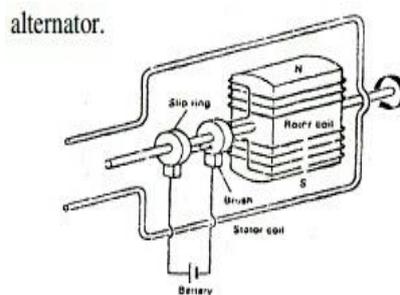


Gambar 2.9 Magnet berputar di dalam kumparan
(Hery Alamsyah, 2007)

b. Kumbaran menghasilkan elektromagnet

Biasanya, komponen - komponen kelistrikan mobil menggunakan tegangan listrik 12 atau 24 volt dan alternator untuk sistem pengisian harus menghasilkan tegangan tersebut. Listrik dibangkitkan pada saat magnet diputar di dalam kumbaran dan besarnya tergantung pada kecepatan putaran magnet. Jadi, melalui proses induksi elektromagnet, semakin cepat kumbaran memotong garis-garis gaya magnet semakin besar kumbaran membangkitkan gaya gerak listrik. Selanjutnya dapat kita lihat bahwa tegangan berubah-ubah tergantung pada kecepatan putaran magnet.

Untuk memperoleh tegangan yang tetap, maka diperlukan putaran magnet yang tetap, ini tidak mungkin dipertahankan karena mesin akan berputar dengan kecepatan yang tidak tetap sesuai dengan kondisi pengemudian. Untuk mengatasi kesulitan ini, sebagai pengganti magnet permanen maka dipakai elektromagnet untuk mempertahankan tegangan supaya tetap (Gambar 2.10). Elektromagnet, garis gaya magnetnya berubah-ubah sesuai dengan putaran alternator.



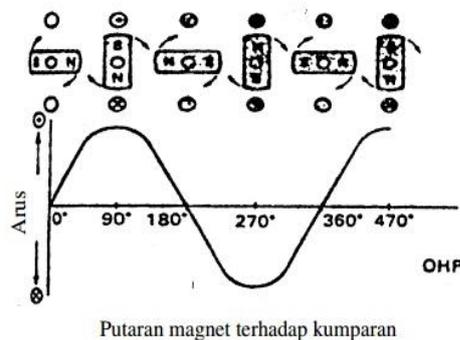
Gambar 2.10 Kumbaran menghasilkan electromagnet
(Hery Alamsyah, 2007)

Elektromagnet mempunyai inti besi dengan kumbaran dililitkan sekelilingnya. Pada saat arus mengalir melalui kumbaran, inti besi akan menjadi magnet. Besarnya magnet yang dibangkitkan tergantung besarnya arus yang

mengalir melalui kumparan, jadi pada saat alternator berputar dengan kecepatan rendah arusnya naik, sebaliknya jika alternator berputar dengan kecepatan tinggi arusnya menurun. Arus yang mengalir melalui elektromagnet diberikan oleh baterai dan besarnya diatur oleh voltage regulator. Karena dalam ini, maka alternator akan mengalirkan tegangan yang tetap meskipun putaran mesin berubah-ubah.

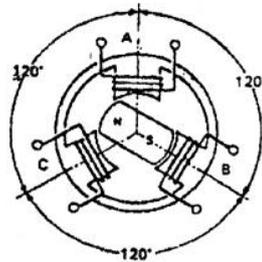
c. Arus bolak-balik tiga fase

Pada saat magnet berputar di dalam kumparan akan timbul tegangan diantara kedua ujung kumparan, ini akan memberikan kenaikan pada arus bolak-balik. Hubungan antara arus yang dibangkitkan dalam kumparan dengan posisi magnet adalah seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.9. Arus tertinggi akan bangkit pada saat kutub N dan S mencapai jarak yang terdekat dengan kumparan. Bagaimanapun, setiap setengah putaran arus akan mengalir dengan arah yang berlawanan. Arus yang membentuk gelombang sinus dengan cara ini disebut "arus bolak-balik satu fase". Perubahan 360 pada grafik berlaku untuk satu siklus dan banyaknya perubahan yang terjadi pada setiap aetik disebut dengan "frekuensi".

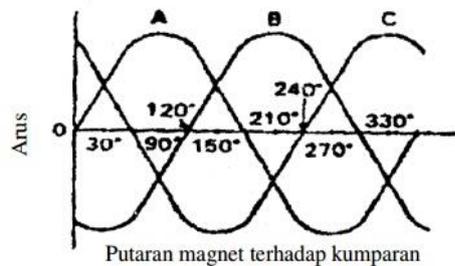


Gambar 2.11 Gelombang sinus pembangkitan arus bolak-balik satu fase (Hery Alamsyah, 2007)

Untuk membangkitkan listrik dengan lebih efisien, alternator mobil menggunakan tiga kumparan yang dirangkai seperti terlihat pada gambar 2.12. Masing-masing kumparan A, B, dan C berjarak 120° . Pada saat magnet berputar diantara mereka, akan bangkit arus bolak-balik pada masing-masing kumparan. Gambar menunjukkan hubungan antara ketiga arus bolak-balik dengan magnet. Listrik yang mempunyai tiga arus bolak-balik seperti ini disebut "Arus bolak-balik tiga fase", alternator mobil membangkitkan arus bolak-balik tiga fase.



Gambar 2.12 Pembangkitan arus bolak-balik tiga fase

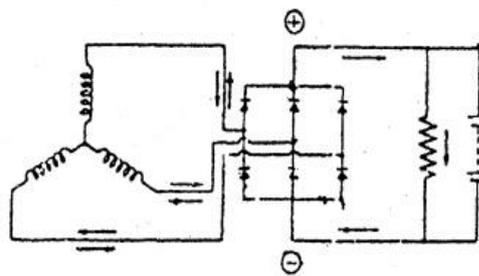


Gambar 2.13 Gelombang sinus pembangkitan arus bolak-balik tiga fase
(Hery Alamsyah, 2007)

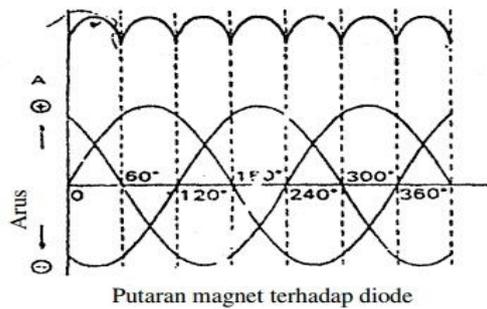
d. Penyearahan

Bagian-bagian kelistrikan mobil membutuhkan arus searah untuk kerjanya dan baterai memerlukan arus searah untuk pengisian. Alternator menghasilkan arus bolak-balik tiga fase tetapi sistem pengisian tidak dapat menggunakannya kecuali jika dirubah menjadi arus searah.

Merubah arus searah disebut penyearahan. Penyearahan dapat dilakukan dengan beberapa cara tetapi alternator mobil menggunakan dioda yang sederhana dan efektif. Dioda memungkinkan arus hanya mengalir pada satu arah. Seperti terlihat pada gambar, jika dipergunakan enam buah dioda, arus bolak-balik tiga fase tersebut dirubah menjadi arus searah dengan jalan penyearahan gelombang penuh. Karena alternator mobil menggunakan diode yang dipasang di dalam. Maka output listriknya adalah searah (perhatikan Gambar 2.14 dan Gambar 2.15).

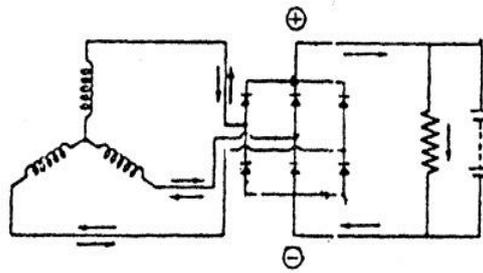


Gambar 2.14 Penyearahan dengan deode pada alternator mobil



Gambar 2.15 Grafik arus penyearahan dengan diode pada alternator mobil (Hery Alamsyah, 2007)

Dapat kita lihat bahwa arus dan masing-masing kumparan sampai ke diode terus-menerus berubah arah pada ketiga lead wire sehingga arah arus dan diode tidak berubah tetapi membentuk sirkuit dengan polaritas yang tidak berubah-ubah (Perhatikan Gambar 2.16).



Gambar 2.16 Arah arus pada kumparan sampai ke diode
(Hery Alamsyah, 2007)

e. Pengatur Tegangan

Tegangan yang dihasilkan oleh alternator bervariasi tergantung pada kecepatan putaran alternator dan banyaknya beban (arus output) alternator. Putaran mesin yang terus berubah-ubah, demikian juga putaran alternator, selanjutnya beban (lampu-lampu, wiper, hiter, dan lain-lain) selalu berubah-ubah mempengaruhi kondisi pengisian baterai. Oleh karena itu, agar alternator dapat memberikan tegangan standar yang tetap perlu dilakukan pengaturan tegangan dengan regulator dan untuk tujuan itu maka sistem pengisian pada mobil menggunakan voltage regulator (generator regulator) bersama-sama dengan alternator.

Regulator mengalirkan arus ke elektromagnet (rotor coil) yang menghasilkan garis gaya magnet yang diperlukan untuk ketiga kumparan (stator coil) alternator untuk membangkitkan arus bolak-balik tiga fase. Karena elektromagnet mempunyai inti besi yang dililit kumparan, inti besi akan menjadi magnet dan membangkitkan garis gaya magnet pada saat dialiri arus. Banyaknya garis gaya magnet sebanding dengan besarnya arus yang dilarkan pada kumparan disekeliling inti besi. Dengan kata lain, alternator dapat menghasilkan tegangan yang tetap dengan jalan mengalirkan arus yang besar ke rotor coil (field coil) pada

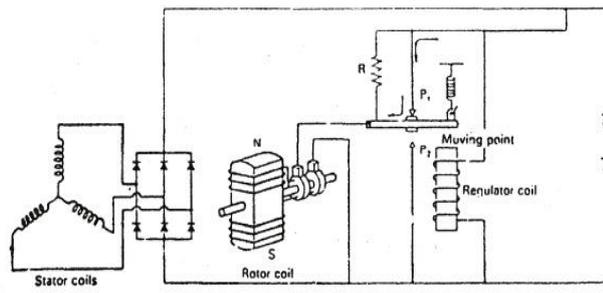
saat alternator berputar lambat atau berbeban berat dan mengurangi arus pada saat alternator berputar cepat atau berbeban ringan.

Regulator mengatur pengaliran arus ke rotor coil dengan menarik dan membebaskan titik kontak sesuai dengan tegangan yang diberikan ke regulator coil. Pada saat alternator berputar dengan rpm rendah dan tegangan stator coil lebih rendah dan tegangan baterai, titik kontak yang bergerak akan berhubungan dengan P1 sehingga arus dan baterai akan mengalir ke rotor coil melalui P1. Dalam hal lain, jika alternator berputar dengan rpm tinggi, tegangan pada stator coil naik melebihi tegangan baterai, tegangan ini dialirkan ke regulator coil sehingga oleh kekuatan tarikan yang lebih besar maka P1 akan terputus.

Pada saat titik kontak bergerak menjauhi P1 arus yang ke rotor coil melalui resistor R dan intensitasnya menurun. Jika arus yang mengalir ke rotor coil berkurang, maka tegangan yang dibangkitkan pada stator coil berkurang dan ini akan mengakibatkan gaya tarik pada kumparan menurun sehingga lengan titik kontak akan kembali dan berhubungan dengan P1. Hal ini akan menaikkan arus yang mengalir pada rotor coil dan kemudian titik kontak akan terputus lagi dan P1. Bila alternator berputar dengan kecepatan yang lebih tinggi, tegangan yang dibangkitkan oleh stator coil akan naik memperkuat gaya tarik pada regulator coil sehingga menghubungkan titik kontak berhubungan dengan P2. Akibatnya, arus yang melalui resistor akan mengalir ke P2 dan tidak ke rotor coil.

Pada saat tidak ada arus yang mengalir ke rotor coil, stator tidak ada arus yang mengalir ke rotor coil, stator tidak dapat membangkitkan gaya gerak listrik sehingga tegangan alternator turun dan hubungan titik kontak P2 terputus. Sekali lagi tegangan alternator akan naik dan lengan kontak akan tertarik, dengan kata

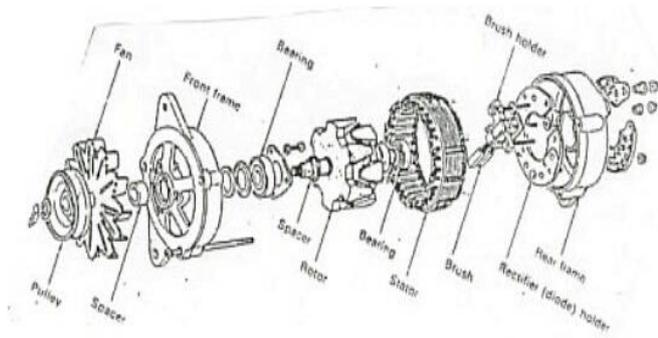
lain pada saat alternator berputar dengan kecepatan rendah lengan kontak akan menaikkan dan menurunkan arus yang mengalir ke rotor coil dengan berhubungan dan memutuskan hubungannya dan P2. pada saat alternator berputar dengan kecepatan tinggi, arus akan dialirkan secara terputus-putus ke rotor coil tergantung apakah lengan kontak berhubungan atau putus dengan P2.



Gambar 2.17 Rangkaian pengatur tegangan
(Hery Alamsyah, 2007)

2.2.6.2 Kontruksi Alternator

Alternator berfungsi untuk merubah energi mekanik dan mesin menjadi energi listrik. Energi mekanik dan mesin diterima melalui sebuah pulley yang memutar rotor dan membangkitkan arus bolak-balik pada stator. Arus bolak-balik ini diubah menjadi arus searah oleh diode. Bagian-bagian utama dan alternator adalah rotor yang membangkitkan elektromagnetik. stator yang membangkitkan arus listrik dan diode yang menyearahkan arus. Sebagai tambahan, terdapat pula brush yang mengalirkan arus ke rotor coil untuk memperhalus putaran rotor dan fan untuk mendinginkan rotor, stator serta diode. Semua bagian tersebut dipegang oleh front dan rear frame.



Gambar 2.18 Bagian-bagian utama alternator
 Sumber : Hery Alamsyah, 2007

a. Rotor

Rotor terdiri dan kutub-kutub magnet sebanyak 12 kutub magnet, inti field winding dan slip ring, bagian-bagian ini padat bersambungan pada sumbu rotor, field winding dihubungkan kepada slip ring dimana brush dapat bergerak, ketika arus mengalir melalui winding lewat sikat dan slip ring, kutub-kutub magnet dimagnetkan dan akibatnya ada lapangan magnet disekitar rotor. Ketegangan lapangan magnet dapat diatur dengan memberikan arus kepada field winding.

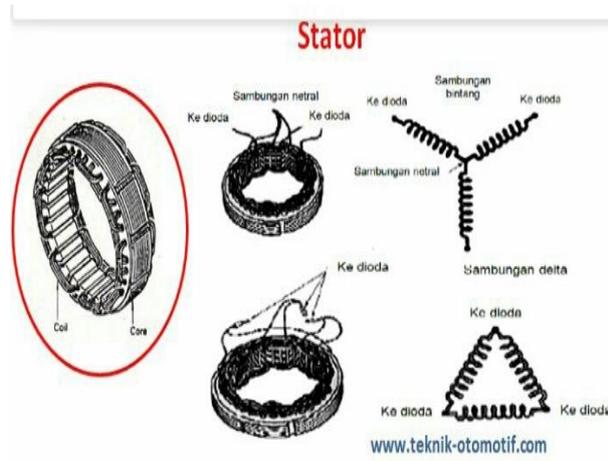


Gambar 2.19 Rotor alternator
 Sumber : Sudirman Lubis, 2018

b. Stator

Stator mempunyai tiga fase gulungan yang diisolasi kepada stator, gulungan-gulungan itu dihubungkan satu sama lain dengan bermacam-macam

cara. Gulungan stator adalah hubungan bintang (hubungan Y). Tipe ini disimbolkan sesuai bagan di bawah ini yang juga menunjukkan bagaimana gulungan stator dihubungkan kepada penyearah.



Gambar 2.20 Stator alternator

Sumber : *Teknik-otomotif.com*

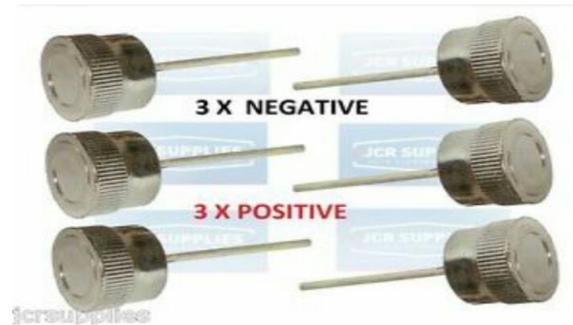
Gulungan stator dapat juga dihubungkan dengan "hubungan delta" (hubungan D). Gulungan rotor (rotor field winding) dimana satu hubungannya melalui terminal F lewat slip ring dan sikat, dan ujung lain dihubungkan ke badan melalui sikat dan slip ring. Beberapa alternator dilengkapi dengan suatu field rectifier, alternator itu dihubungkan ke field winding yang didatangkan dan stator winding. Ujung-ujung field winding dihubungkan ke terminal F dan A. Stator ditempatkan antara kedua braket bantalan dengan baut pengikat dan rectifier dipasang pada braket bantalan ujung.

Arus yang diinduksi di dalam stator winding ketika magnet berputar disebut arus bolak-balik 3 fase, ketiga fase gulungan itu ditempatkan agar supaya fase itu 120° berhubungan satu dengan yang lainnya. Dengan demikian hasil tegangan dan arus lebih banyak, kurva tegangan diatas garis nol (+) menunjukkan tegangan yang memberikan arus pada satu arah dan kurva tegangan dibawah garis nol (-)

memberikan arus pada arah yang berlawanan. Setelah penyearah kurva tegangan terletak diatas garis nol dan keadaan ini arah tegangan lebih rata yang dihasilkan dan arus bolak-balik. Tegangan yang disearahkan itu digunakan pada terminal positif (+) dan negatif (-).

c. Diode

Pada diode holder, terdapat tiga buah diode positif dan tiga buah diode negatif. Arus yang dibangkitkan oleh alternator dialirkan dan diode holder pada sisi positif sehingga terisolasi dan end frame. Selama proses penyearahan, diode akan menjadi panas sehingga diode holder bekerja meradiasikan panas ini dan mencegah diode menjadi terlalu panas.



Gambar 2.21 Komponen diode alternator
Sumber : *Teknik-otomotif.com*

d. Pulley

Dengan adanya pulley rasio meningkat sekitar 2,5 %, sehingga penggunaan pulley dapat memberikan efisiensi kecepatan tinggi yang lebih baik.

e. Bearing

Setiap kecepatan putaran dari rotor tidaklah stabil, dengan adanya perubahan kecepatan membuat putaran rotor menjadi kasar. Fungsi bearing dalam

hal ini untuk memperhalus putaran rotor sehingga rotor lebih tahan lama digunakan.

f. Voltage Regulator

Dengan berubah-ubahnya kecepatan alternator, output teganganpun ikut berubah. Sehingga voltage regulator berfungsi untuk menstabilkan tegangan alternator agar memenuhi tegangan standard untuk melakukan pengisian di battery/accu.

g. Fan

Fan (kipas angin) digunakan sebagai pendingin bagian-bagian dalam alternator seperti rotor, stator, dan diode serta komponen lainnya. Sehingga alternator tetap dalam kondisi aman meskipun kecepatan tinggi yang membuat suhu alternator meningkat.

h. Front dan Rear Frame

Fungsi dari front dan rear frame adalah sebagai kerangka luar yang memegang bagian-bagian dalam alternator, selain itu juga mempunyai saluran udara untuk meningkatkan efisiensi pendinginan [13].

2.2.7 Kerangka Berfikir

Pembangkitan energi mekanis menjadi energi listrik, dengan jalan menggabungkan sebuah turbin propeller (Turbin angin tipe vertical) dengan alternator mobil. Eksperimen disini bertujuan untuk melihat indikasi bangkitnya suatu tegangan dari alternator yang telah dikopel dengan turbin propeller. Kecepatan putar dari turbin propeller akan berpengaruh langsung terhadap putaran rotor dari alternator sebagai akibat dari pengkopelan.

Mendorong sudu turbin sehingga menghasilkan kecepatan putar sesuai yang diinginkan, dengan berputarnya turbin otomatis rotor pada alternator juga ikut berputar. Dari putaran rotor nantinya akan didapatkan suatu indikasi berupa munculnya tegangan, arus, dan daya, pengukuran dilakukan untuk mengetahui seberapa besar indikasi yang ditimbulkan sebagai pengaruh dari pengopelan dua komponen tersebut. Kemudian diadakan post test, dari hasil post test diambil kesimpulan dengan jalan melihat rata – rata hasil dan membandingkan dengan standar yang diinginkan.

BAB 3

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Waktu Dan Tempat

Penelitian dan pembuatan laporan pemanfaatan turbin angin sebagai penggerak mula pada PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Angin) menggunakan alternator mobil dan generator DC yang di lakukan pada tanggal 15 februari 2019 sampai dengan selesai, tempat Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

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. Voltmeter Analog berfungsi sebagai pengukur tegangan AC DC pada saat percobaan.
4. Tang Ampere Meter berfungsi sebagai alat yang digunakan untuk mengukur tegangan (V), hambatan/resistansi (Ohm), arus listrik (A), tanpa harus memotong kabel listrik.

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 dan Alat Penelitian

1. Baling-baling kipas berbentuk vertikal berfungsi menangkap datangnya laju angin dan mengubah hembusan angin menjadi energi gerak yang akan memutar alternator.
2. Alternator mobil berfungsi sebagai pembangkit tenaga listrik yang digunakan untuk mensuplay kebutuhan listrik.
3. Generator DC berfungsi sebagai pembangkit tenaga listrik yang digunakan untuk mensuplay kebutuhan listrik yang akan dibandingkan dengan alternator mobil.
4. Charge Controller berfungsi mengontrol arus untuk pengisian ke baterai sehingga tidak terjadi overcharging (kelebihan pengisian daya karena baterai sudah penuh) dan kelebihan voltage dari alternator.
6. Battery (aki) berfungsi sebagai penyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia atau konversi energi yang bekerja berdasarkan prinsip elektrokimia.
7. Inverter berfungsi mengubah tegangan listrik DC (Direct Current) menjadi tegangan listrik AC (Alternating Current).

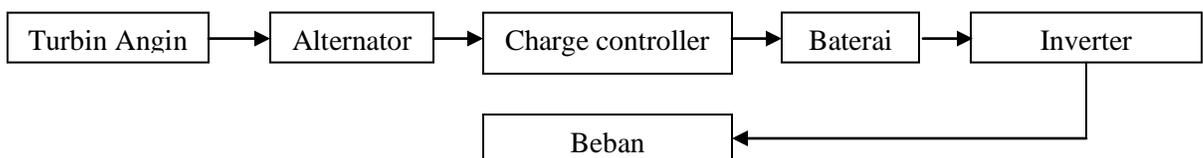
8. kabel listrik jenis NYAF ukuran $1 \times 2,5 \text{ mm}^2$ berfungsi untuk menghantarkan aliran listrik dari sumber listrik menuju ke perangkat pengguna listrik.
9. Papan Teriplek berfungsi sebagai penempatan komponen-komponen kelistrikan.

3.3 Metode Tahap-Tahap Percobaan

Tahap yang dilakukan pada penelitian ini adalah studi literatur, dengan adanya pemanfaatan turbin angin sebagai penggerak mula alternator pada PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Angin) menggunakan alternator mobil dan generator DC.

Studi Literatur dimaksudkan untuk mempelajari berbagai sumber referensi atau teori dari (jurnal dan internet) yang berkaitan dengan pemanfaatan turbin angin sebagai penggerak mula pada PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Angin) menggunakan alternator mobil dan generator DC.

3.4 Diagram Blok Alat



Gambar 3.1 Diagram Blok Alat

Pada perancangan ini terdapat 5 alat utama guna menghasilkan listrik diantaranya turbin angin, alternator, rangkaian charger yang digunakan untuk mengisi sebuah aki 12 volt, dan inverter 500 watt yang akan merubah tegangan dc menjadi tegangan ac yang akan disuplay pada beban percobaan. Kemudian mengetahui berapa besar tegangan keluaran (output) yang dihasilkan dari alternator.

3.5 Diagram Alur Penelitian

Untuk penelitian dan analisa data dituangkan dalam diagram alur penelitian diawali dari perancangan desain,yaitu rancang bangun pembangkit listrik tenaga angin.

Keterangan dari diagram alur yang akan dibuat adalah sebagai berikut :

a. Studi literatur

Dalam studi literatur dilakukan pencarian informasi atau bahan materi baik dari internet, jurnal, maupun sumber-sumber lain yang berkaitan dengan penelitian ini. Materi tersebut diantaranya mengenai penelitian pemanfaatan turbin angin sebagai penggerak mula alternator pada pembangkit listrik tenaga angin.

b. Persiapan peralatan

Setelah melakukan studi literatur, kemudian menyiapkan segala sesuatu yang berkaitan dengan penelitian ini. Beberapa alat atau komponen-komponen peralatan, seperti baling-baling kipas, tiang, kabel, generator dc, alternator, charge controller, accu, dan inverter.

c. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Setelah melakukan persiapan beberapa perangkat serta komponen-komponen penelitian, maka selanjutnya melakukan perancangan peembangkit listrik tenaga angin.

d. Mengukur Kecepatan Angin Yang Dapat Memutar Kincir Angin

Setelah melakukan perancangan pembangkit listrik tenaga angin, kemudian dilanjutkan dengan pengukuran kecepatan angin yang dapat memutar kincir angin pada pembangkit listrik tenaga angin dengan menggunakan alat anemometer.

e. Pengukuran Arus dan Tegangan Yang Dihasilkan Alternator

Setelah melakukan pengukuran kecepatan angin, kemudian dilanjutkan dengan pengukuran arus dan tegangan yang dihasilkan alternator menggunakan alat multimeter dan tang ampere.

f. Analisa Data

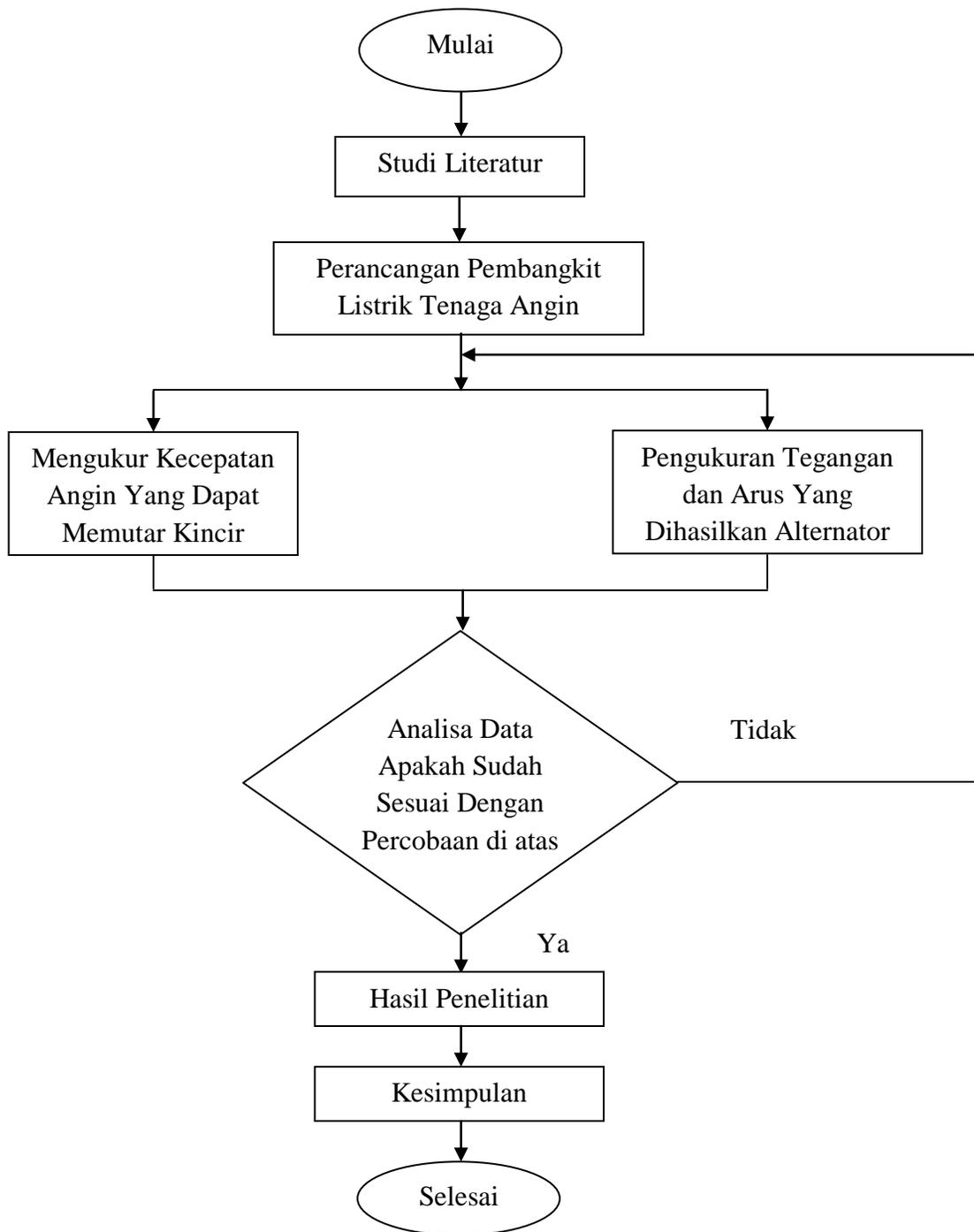
Setelah dilakukannya pengukuran kecepatan angin yang dapat memutar kincir angin serta arus dan tegangan yang dihasilkan alternator. Kemudian dapat diketahui berapa kecepatan angin yang memutar kincir angin dan diperoleh juga berapa besar arus dan tegangan yang dihasilkan alternator.

g. Hasil Penelitian

Setelah mendapatkan hasil dari analisa data tersebut, kemudian dimasukan kedalam lembar kerja berupa tabel data ataupun grafik sehingga memudahkan dalam pengolahan data tersebut.

h. Kesimpulan

Dari data yang sudah dikelolah dalam bentuk tabel hasil penelitian. Dapat diambil beberapa kesimpulan, seperti berapa kecepatan angin yang dapat memutar kincir angin dan berapa besar arus serta besarnya tegangan yang dihasilkan alternator.



Gambar 3.2 Diagram Alur Penelitian

3.6 Metode Pendekatan Untuk Hasil

Pengubahan energi mekanis menjadi energi listrik dengan

$$V = \frac{\sum V}{n} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan :

V = Tegangan (volt)

$\sum V$ = Rata-rata tegangan (volt)

n = jumlah penelitian

$$I = \frac{\sum I}{n} \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan :

I = Arus (ampere)

$\sum I$ = Rata-rata arus (ampere)

n = jumlah penelitian

$$P = V \cdot I \dots\dots\dots(3.3)$$

P = Daya (watt)

V = Tegangan (volt)

I = Arus (ampere)

$$W = P \times t \dots\dots\dots(3.4)$$

W = energi listrik (kwh)

P = daya listrik (watt)

t = waktu (jam)

3.7 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Dalam penelitian ini data yang akan diambil berupa data tegangan dan arus output dari alternator, data tersebut diperoleh dari pengaturan kecepatan putaran alternator yang bervariasi. Metode pengumpulan data adalah metode eksperimen adapun tahap-tahap penyelesaian masalah dalam pemanfaatan alternator mobil dalam pembangkit listrik tenaga angin.

BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin

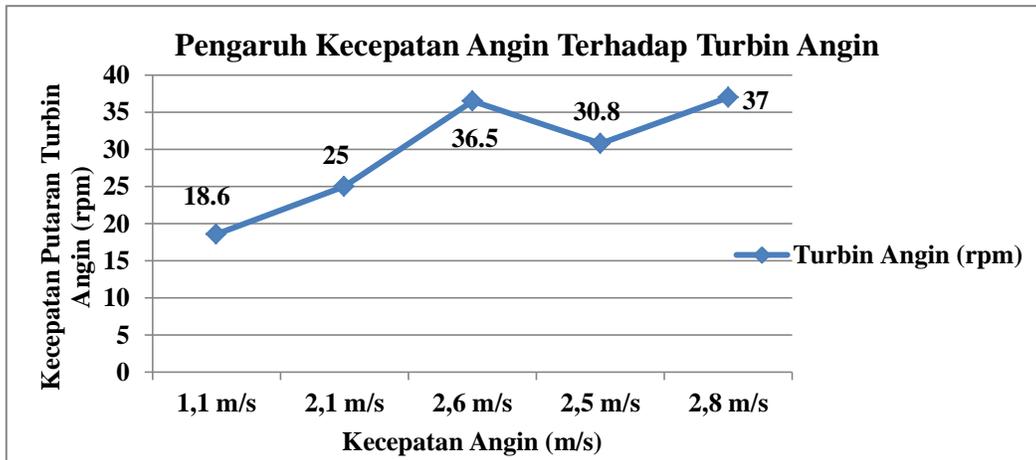
Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Jln, Muchtar Bashri no 03 Medan. Dengan beberapa kali percobaan pengukuran data, sehingga dapat di ambil dan disimpulkan 5 kali pengukuran data untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

4.1.1 Data Hasil Kecepatan Angin Yang Dapat Memutar Turbin Angin

Dalam hasil penelitian ini dapat dilihat nilai yang dihasilkan sangat bervariasi dan menunjukkan bahwa kecepatan angin sangat berpengaruh terhadap putaran turbin angin.

Tabel 4.1 Hasil kecepatan angin yang dapat memutar turbin angin

Waktu (wib)	Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putaran Turbin Angin (rpm)
07.00-09.00	1,1 m/s	18,6 rpm
09.00-11.00	2,1 m/s	25,0 rpm
11.00-13.00	2,6 m/s	36,5 rpm
13.00-15.00	2,5 m/s	30,8 rpm
15.00-17.00	2,8 m/s	37 rpm



Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Kecepatan angin Terhadap Putaran Turbin Angin

Dapat dilihat dalam bentuk tabel dan grafik penelitian diatas pada waktu-waktu tertentu pengaruh akibat kecepatan angin yang dapat memutar turbin angin (rpm) hasilnya sangat bervariasi, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar tekanan angin semakin cepat pula putaran turbin angin yang berputar selama rotasi permenit.

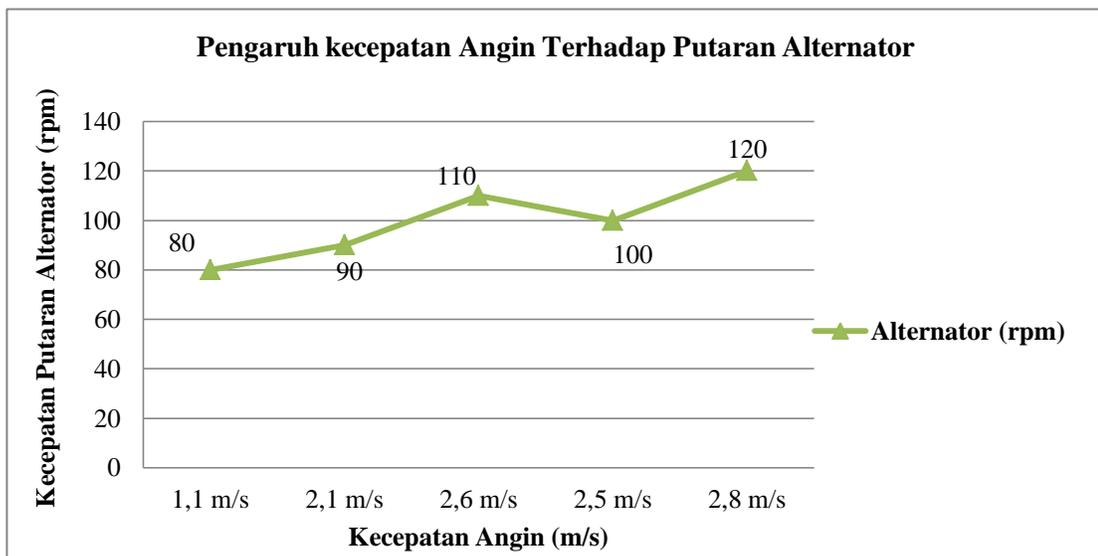
4.1.2 Data Hasil Penelitian Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Data hasil penelitian ini adalah data hasil keseluruhan yang diteliti dan dicatat pada pembangkit listrik tenaga angin.

Tabel 4.2 Hasil Penelitian Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin

No	Waktu (wib)	Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putaran Turbin Angin (rpm)	Kecepatan Putaran Alternator (rpm)	Tegangan Alternator (volt)	Arus (Ampere)
1	07.00-09.00	1,1 m/s	18,6 rpm	80 rpm	1,5 volt	0,31 Amp
2	09.00-11.00	2,1 m/s	25,0 rpm	90 rpm	1,6 volt	0,34 Amp
3	11.00-13.00	2,6 m/s	36,5 rpm	110 rpm	1,8 volt	0,48 Amp
4	13.00-15.00	2,5 m/s	30,8 rpm	100 rpm	1.7 volt	0,47 Amp
5	15.00-17.00	2,8 m/s	37 rpm	120 rpm	2,1 volt	0,52 Amp

Jika di lihat dalam penelitian ini dari hasil eksperimen diatas dengan berbagai macam variasi putaran kecepatan alternator diikuti dengan hasil yang berbeda antara tegangan dan arus, meskipun peningkatan perubahan itu sangat sedikit. Ini menunjukkan perubahan yang terjadi dipengaruhi dengan kecepatan angin yang dapat memutar turbin angin sehingga membuat alternator tersebut bisa berputar dan menghasilkan output tegangan DC. Pada gambar grafik 4.2 dibawah menjelaskan pengaruh kecepatan angin terhadap putaran alternator (rpm).



Gambar 4.2 Grafik pengaruh kecepatan angin terhadap putaran alternator

Melihat dari gambar grafik 4.2, menunjukkan bahwa kecepatan angin sangat berpengaruh sekali terhadap putaran kecepatan alternator. Karena setiap kecepatan angin semakin tinggi diikuti pula dengan semakin cepatnya putaran alternator. Hal ini membuktikan bahwasannya berbanding lurus antara kecepatan angin dengan kecepatan alternator.

4.2 Output Dari Alternator (Tegangan dan Arus)

4.2.1 Menentukan Rata-Rata Tegangan dan Arus Hasil Dari Percobaan PLTA

Hasil penelitian yang dilakukan seperti pada tabel dapat di analisis. Rata-rata untuk keluaran tegangan pembangkit listrik tenaga angin adalah :

$$\begin{aligned} V(\text{rata - rata}) &= \frac{\sum V}{n} \\ &= \frac{1,5 + 1,6 + 1,8 + 1,7 + 2,1}{5} \\ &= \frac{8,7}{5} \\ &= 1,74 \text{ volt} \end{aligned}$$

Rata-rata untuk keluaran arus dari pembangkit listrik tenaga angin adalah:

$$\begin{aligned} I(\text{rata - rata}) &= \frac{\sum I}{n} \\ &= \frac{0,31 + 0,34 + 0,48 + 0,47 + 0,52}{5} \\ &= \frac{2,12}{5} \\ &= 0,424 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Nilai rata-rata Tegangan dan Arus yang diperoleh dari pembangkit listrik tenaga angin $V = 1,74$ volt dan $I = 0,424$ ampere. Jika tegangan ini digunakan untuk menghidupkan beban lampu LED sebesar 12 volt / 5 watt, dengan perhitungan sebagai berikut :

4.2.2 Menentukan Perhitungan Daya Listrik Yang Dihasilkan PLTA

1. Daya yang dikeluarkan adalah :

$$\begin{aligned}P &= V \times I \\ &= 1,74 \text{ Volt} \times 0,424 \text{ Ampere} \\ &= 0,74 \text{ watt}\end{aligned}$$

2. Energi yang dikeluarkan perjam adalah :

$$\begin{aligned}W &= P \times t \\ &= 0,74 \text{ watt} \times 1 \text{ jam} \\ &= 0,74 \text{ watt jam}\end{aligned}$$

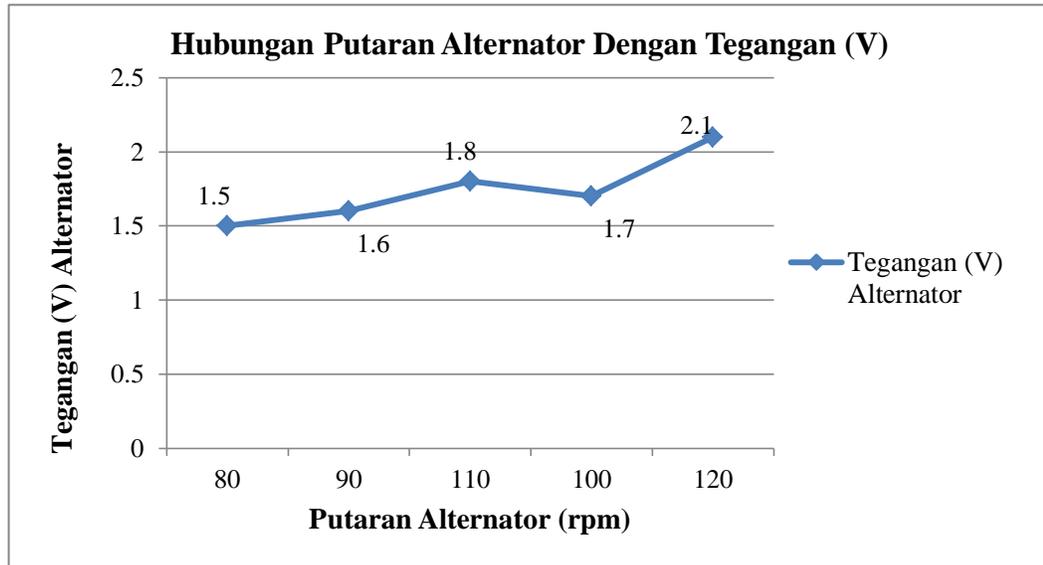
3. Energi yang diserap beban (lampu LED) sebesar 12 volt / 5 watt adalah :

$$\begin{aligned}W &= P \times t \\ 0,74 \text{ watt jam} &= 5 \text{ watt} \times t \\ t &= \frac{0,74 \text{ watt jam}}{5 \text{ watt}} \\ &= 0,15 \text{ jam}\end{aligned}$$

Jadi tegangan rata-rata yang dikeluarkan alternator mobil selama 1 jam menghasilkan tegangan (V) sebesar 1,74 volt dengan arus (I) sebesar 0,424 ampere dengan bantuan baterai 12 volt mampu untuk menghidupkan beban (lampu LED) 12 volt / 5 watt selama 0,15 jam.

4.3 Hubungan Antara Putaran Alternator Dengan Tegangan dan Arus

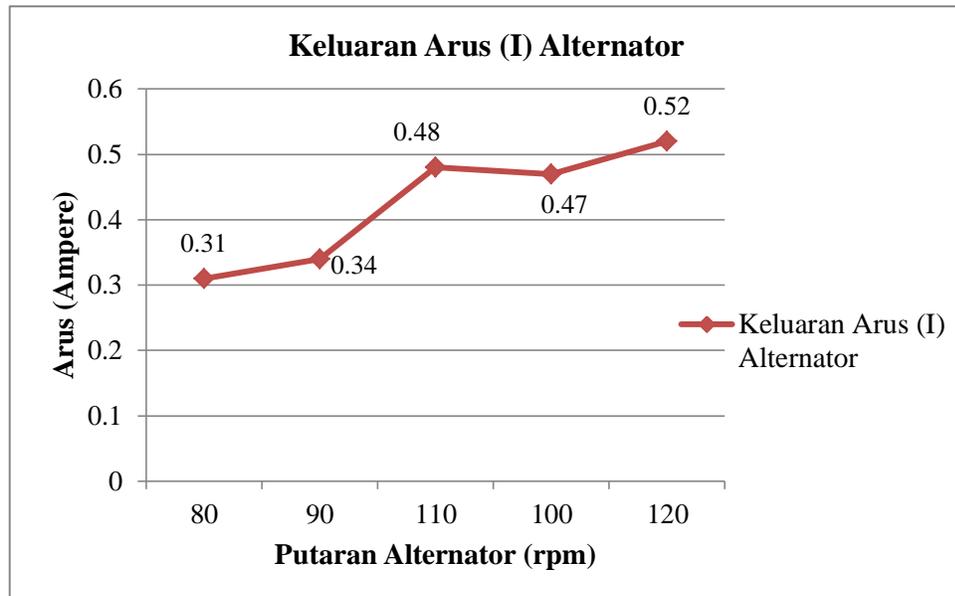
4.3.1 Hubungan antara putaran alternator dengan tegangan yang dihasilkan.



Gambar 4.3 Grafik hubungan antara putaran alternator dengan tegangan

Melihat hasil percobaan dengan data yang ada, dapat digambarkan melalui gambar grafik 4.3 bahwasannya setiap kenaikan kecepatan putaran alternator diimbangi pula dengan kenaikan tegangan. Dapat disimpulkan semakin tinggi putaran alternator semakin tinggi pula tegangan yang dihasilkan.

4.3.2 Hubungan antara putaran alternator dengan arus yang dihasilkan.



Gambar 4.4 Grafik hubungan antara putaran alternator dengan arus

Melihat hasil percobaan dengan data yang ada, dapat digambarkan melalui gambar grafik 4.4 bahwasannya setiap kenaikan kecepatan putaran alternator diikuti dengan kenaikan dari arus. Dapat disimpulkan Semakin tinggi putaran alternator semakin tinggi pula arus yang dihasilkan. Sehingga hubungan antara putaran dengan tegangan dan arus berbanding lurus.

BAB 5

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Pada penelitian yang telah dilakukan dapat diambil suatu kesimpulan, yaitu sebagai berikut :

1. Pengaplikasian turbin angin dalam hal ini sebagai penggerak mula alternator dapat digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga angin. Meskipun output tegangan dan arus yang dihasilkan dipengaruhi oleh faktor kecepatan angin, namun alat ini akan sangat berguna untuk mengurangi beban rumah tangga. Selain itu, eksploitasi energi angin ini memang sangat baik, mengingat energi angin tidak akan pernah habis dan berkurang. Lain halnya dengan bahan bakar fosil atau BBM (Bahan Bakar Minyak) yang akan habis bila dipakai secara terus menerus.
2. Tegangan dan arus yang dihasilkan dari alternator mobil dari hasil penelitian sampel awal sebesar 1,5 volt dan 0,31 ampere dengan kecepatan alternator 80 rpm, kemudian sampel terakhir didapat tegangan sebesar 2,1 volt dan 0,52 ampere dengan kecepatan alternator 120 rpm. Rata-rata tegangan yang dihasilkan sebesar 1,74 volt dengan arus rata-rata 0,424 ampere dan daya yang dikeluarkan 0,74 watt. Sehingga semakin cepat putaran alternator akibat putaran turbin angin maka, semakin besar pula output tegangan yang dihasilkan alternator.

5.2 SARAN

Saran yang dapat di berikan oleh penulis guna kelanjutan eksperimen selanjutnya adalah:

1. Untuk mendapatkan output (tegangan dan arus) yang maksimal, hendaknya pemanfaatan turbin angin delapan sudu ini dilakukan didaerah pantai dengan kecepatan angin yang besar dan konstanta perharinya.
2. Berdasarkan hasil riset penelitian ini, adanya perbaikan dan pengembangan memang sangat diperlukan dengan penelitian yang lebih besar atau alat eksperimen yang lebih baik, sehingga dapat dipergunakan dalam praktek mahasiswa teknik elektro selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Antonov Bachtiar, Wahyudi Hayattul “Analisi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin PT Lentera Angin Nusantara (LAN) Ciheras” Institut Teknologi Padang, jurnal Teknik Elektro ITP, vol 7, No. 1, Januari 2018.
- [2] <http://michael-suseno.blogspot.com/2011/09/turbin-angin.html?m=1> Turbin Angin di download pada 09 januari 2019.
- [3] <http://www.teknik-otomotif.com/2017/12/?m=1> teknik mesin Generator dan Alternator di download pada 09 januari 2019.
- [4] Padmika made, dkk. 2017. “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Turbin Ventilator Sebagai Penggerak Generator” Pdf. Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, buletin Fisika vol 18, No. 2 Agustus 2017 : 68-73.
- [5] Ulinuha Agus, Wahyu Adi Widodo. 2018. “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Angin Skala Mikro Untuk Keperluan Penerangan Jalan” pdf. STIKES PKU Muhammadiyah Surakarta, Fakultas Teknik Elektro.
- [6] Budi Pramono Wahyudi, Warindi, Achmad Hidayat. 2015 “Perancangan Mini Generator Turbin Angin 200 W Untuk Energi Angin Kecepatan Rendah”. Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Industri, Universitas Islam Indonesia, ISBN: 978-602-1180-21-1.
- [7] Buyung Suriyanto, 2017. perancangan sudu-sudu pembangkit tenaga angin tipe savonius mini. Paul sorong. Jurusan Teknik Mesin Program Study Diploma iv Politeknik Katolik Saint Paul Sorong. Pdf.

- [8] Setiono, Puji “pemanfaatan Alternator Mobil Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Angin”, Universitas Negeri Malang, 2006.
- [9] Nahkoda Ismail Yusuf dan Chorul Saleh, 2015 “Rancang Bangun Kincir Angin Sumbu Vertikal Pembangkit Tenaga Listrik Portabel” Institut Teknologi Nasional Malang, Teknik Elektro. Jurnal ISBN 978-602-98569-1-0.
- [10] <http://www.satuenergi.com/2015/10/jenis-jenis-turbin-angin-serta.html?m=1> Turbin Angin di download pada 11 januari 2019.
- [11] Lubis Sudirman, 2018. “Analisa Tegangan Keluaran Alternator Mobil Sebagai Pembangkit Energi Listrik Alternatif” Rekayasa Elektrikal dan Energi, Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jurnal Teknik Elektro, vol. 1, No 1, Juli 2018, ISSN 2622-7002.
- [12] <https://m.es.aliexpress.com/2016/11/alat-ukur-angin-anemometer.html?m=1> Alat pengukur kecepatan angin di download pada 11 januari 2019.
- [13] Alamsyah Hery, 2007. “Pemanfaatan Turbin Angin Dua Sudu Sebagai Penggerak Mula Alternator Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin” Fakultas Teknik Negeri Semarang, Jurusan Strata I Pendidikan Teknik Elektro.
- [14] <https://m.indiamart.com/proddetail-gearbox.php?i=12930637133> Gearbox gambar di download pada 11 januari 2019.
- [15] http://www.info-elektro-myblogfriedrich.blogspot.com/2016/12/generator-listrik_88.html?m=1 Putaran Flux pada generator gambar di download pada 12 januari 2019.
- [16] Sumanto, 1992. “Mesin-Mesin Sinkron. Yogyakarta: Andi Offset.
- [17] Abdul Kadir, 1999. “Mesin Sinkron. Jakarta: Djambatan.

- [18] <http://www.teknik-otomotif.com/2017/12> Generator DC gambar di download pada 13, januari 2019.
- [19] <http://trikueni-desain-sistem.blogspot.com/2014/08/prinsip-kerja-generator-DC.html?=1> Prinsip Kerja Generator DC gambar di download pada 13, januari 2019.
- [20] <https://www.ebay.com/itm/BOSCH-ATERNATOR-RECTIFIER-DIODE-PACK-DIODES-50amps-3X-POS-NEG-/31028602291> Diode gambar di download pada 16, januari 2019.



TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Kampus Utama Umsu, Jln Kapt. Muchtar Basri No.3 Medan - 20238, Telp. (061) 661059

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : Irwansyah
NPM : 1507220028
JUDUL : Pemanfaatan Turbin Angin Sebagai Penggerak Mula Alternator Pada
Pembangkit Listrik Tenaga Angin
ASISTENSI : Dosen Pembimbing I

No	Tanggal	Uraian	Paraf
1-	30/1/2019	Buat tata belah bergaris dan Tyeu, Rencan, Babu mudh	<i>[Signature]</i>
2-	10/1/2019	Lampet Bab 2 perbayala	<i>[Signature]</i>
3-	15/1/2019	Reperet busan perbaiki Bab 3 placat	<i>[Signature]</i>
4-	20/1/2019	dan Titura Buat perencanaan alat	<i>[Signature]</i>
5-	28/1/2019	Lampet tabaku pengaluan	<i>[Signature]</i>
6-	10/2/2019	Lampet BAB IV	<i>[Signature]</i>
7-	15/2/2019	Ulangi pengaluan	<i>[Signature]</i>
8-	1/3/2019	Lampet kepuking	<i>[Signature]</i>
9-	7/3/2019	Ace seminar.	<i>[Signature]</i>

Dosen Pembimbing I

[Signature]
(Partaonan Harahap, ST. MT)



TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Kampus Utama Umsu, Jln Kapt. Mochtar Basri No.3 Medan - 20238, Telp. (061) 661059

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : Irwansyah
NPM : 1507220028
JUDUL : Pemanfaatan Turbin Angin Sebagai Penggerak Mula Alternator Pada
Pembangkit Listrik Tenaga Angin
ASISTENSI : Dosen Pembimbing II

No	Tanggal	Uraian	Paraf
1.	30-12-2018	Menentukan rumusan masalah dengan batasan masalah.	
2.	5-1-2019	Langjut bab II	
3.	14-1-2019	Kelebihan dan kekurangan ti dak boleh dari Wikipedia	
4.	25-2-2019	Langjut bab III	
5.		- Perbaiki flowchart - Langjut bab IV	
6.		- Langjut tabel pengujian - grafik pengujian	
7.		- Kesimpulan - abstract, daftar pustaka.	
8.	8-3-2019	ACC untuk di seminar	

Dosen Pembimbing II

(Faisal Irsan Pasaribu, ST. MT)

Pembangkit Listrik Tenaga Angin



Nama-Nama Alat	Ukuran/Kapasitas Alat
Tinggi Turbin Angin	235 cm
Panjang Pipa	99 cm
Lebar Pipa	11 cm
Jarak Antar Lingkar	102,5 cm
Diameter Lingkar	58 cm
Alternator	12 V
Charge Controller	12/24 Vdc Kapasitas 60 A
Baterai	12 V
Inverter	In 12/24V Out 220V Kapasitas 500 W
Lampu Led	5 Watt