

TUGAS AKHIR

PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN MENGUNAKAN TURBIN VENTILATOR SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF

*Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-Tugas Dan Sebagai Persyaratan Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik (S.T) Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Oleh:

SEFTYAN HARRY WAHYUDA TAMA

NPM : 1407220005



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATRA UTARA
MEDAN
2018

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN
MENGUNAKAN TURBIN VENTILATOR SEBAGAI
SUMBER ENERGI ALTERNATIF

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik (S.T) Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Telah Diuji dan Disidangkan Pada Tanggal :
(15 Oktober 2018)

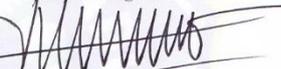
Oleh :

Seftvan Harry Wahyuda Tama
1407220005

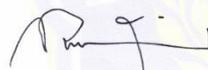
Pembimbing I


(Dr. Ir. Surya Hardi, M.Sc)

Pembimbing II


(Zulfikar ST.MT)

Penguji I


(Rimbawati, ST.MT)

Penguji II


(Faisal Irsan Pasaribu ST.MT)

Diketahui dan Disahkan
Kepala Jurusan Teknik Elektro



(Faisal Irsan Pasaribu ST.MT)

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Seftyan Harry Wahyuda Tama
NPM : 1407220005
Tempat / Tgl Lahir : Kayangan / 08 September 1996
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro



Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir (skripsi) saya ini yang berjudul :

**“PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN
MENGUNAKAN TURBIN VENTILATOR SEBAGAI
SUMBER ENERGI ALTERNATIF”**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena berhubungan material maupun 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 di proses oleh tim fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.



Medan, 15 Oktober 2018
Saya yang menyatakan

SEFTYAN HARRY WAHYUDA TAMA

1407220005

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya, maka skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Salam dan salawat semoga selalu tercurah pada baginda Rasulullah Muhammad SAW. Sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul berjudul **“Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Turbin Ventilator Sebagai Energi Alternatif”**. Adapun maksud dan tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan program sarjana Strata Satu di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Penulisan mengucapkan rasa terimah kasih yang sebesar-besarnya atas semua bantuan yang telah di berikan, baik secara langsung maupun tidak langsung selama penyusunan tugas akhir ini hingga selesai. Secara khusus rasa terima kasih tersebut saya sampaikan kepada:

1. Ayahanda tercinta Suarno dan Ibunda Tercinta Tumiyanti . Orang tua penulis telah banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini baik motivasi, nasehat, materi maupun do'a.
2. Bapak Dr. Agussani MAP selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T., M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

5. Bapak Partaonan Harahap S.T., M.T selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Dr. Ir. Surya Hardi, M.Sc selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan dorongan dalam penyusunan tugas akhir ini.
7. Bapak Zulfikar, S.T, M.T, selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan dorongan dalam penyusunan tugas akhir ini.
8. Sahabat A1 Pagi yang tidak bisa saya sebutkan namanya satu-persatu, semua teman-teman saya yang telah banyak memberikan saya semangat, dukungan, motivasi dan do'a.

Penulis menyadari adanya kemungkinan terjadi kekeliruan ataupun kelebihan dan kekurangan serta kesalahan-kesalahan di dalam penyusunan tugas akhir ini, mungkin masih banyak kekurangannya. Oleh sebab itu saya mengharapkan kritik dan saran. Semoga tugas akhir ini dapat membawa manfaat yang sebesar-besarnya bagi penulis sendiri maupun bagi dunia pendidikan pada umumnya, khususnya untuk Fakultas Teknik Elektro. Terimah kasih atas segala perhatiannya penulis mengucapkan terimah kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Medan, 21 September 2018

Penulis,

Seftyan Harry Wahyuda Tama

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
ABSTRAK.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Pembangkit listrik	7
2.2 Energi Angin.....	8
2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Angin	12
2.4 Turbin Angin.....	13
2.4.1 Tipe Turbin Angin	17
2.4.1.1 Turbin Angin Sumbu Horijontal	17
2.4.1.2 Turbin Angin Sumbu Vertikal	20
2.5 Turbin Ventilator	22
2.5.1 Prinsip Kerja Turbin Ventilator	23

2.5.2 Pemanfaatan Turbin Ventilator	23
2.6 Generator	26
2.6.1 Generator Arus Bolak-balik (AC)	28
2.6.2 Prinsip Kerja Generator	29
2.7 Regulator	30
2.8 Baterai.....	31
2.8.1 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Ketahanan Baterai	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	34
3.1 Lokasi Penelitian.....	34
3.2 Alat Dan Bahan Penelitian.....	34
3.3 Tahapan Perancangan Alat	35
3.4 Prinsip Kerja Alat	38
3.5 Diagram Blok Sistem	38
3.6 Diagram Alir Penelitian (<i>Flowchart</i>).....	40
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Hasil Penelitian	41
4.2 Pembahasan	41
4.2.1 Hasil Pengujian Pada Jarak 5 cm	41
4.2.2 Hasil Pengujian Pada Jarak 15 cm	46
4.2.3 Hasil Pengujian Pada Jarak 25 cm	50
4.3 Hasil Perbandingan Antara Jarak	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	56
5.1 Kesimpulan.....	56
5.2 Saran.....	57

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Pengamatan Pada Jarak 5 cm	43
Tabel 4.2 Data Pengamatan Pada Jarak 15 cm	46
Table 4.3 Data Pengamatan Pada Jarak 25 cm	50
Tabel 4.4 Data Perbandingan Jarak Kipas Terhadap Turbin Ventilator	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Turbin Angin	13
Gambar 2.2 Jenis Turbin Angin	17
Gambar 2.3 Turbin angin jenis <i>American Multiblade</i>	18
Gambar 2.4 turbin angin tipe <i>Dutch Four Aarm</i>	19
Gambar 2.5 Turbin Angin jenis <i>propeller</i>	19
Gambar 2.6 Turbin Darrieus.	21
Gambar 2.7 Turbin Savonius.....	22
Gambar 2.8 Turbin Savonius.....	22
Gambar 2.9 Prinsip Kerja Turbin Ventilator.....	23
Gambar 2.10 <i>Turbine ventilator</i> dengan <i>inner fan</i>	25
Gambar 2.11 Mekanisme ventilasi dengan menggunakan Turbine Ventilator ..	26
Gambar 2.12 Penentuan arah ggl.....	27
Gambar 2.13 Prinsip Kerja Generator	29
Gambar 2.14 <i>Auto Regulator</i>	30
Gambar 2.15 Kontruksi Baterai.....	31
Gambar 3.1 Desain Perancangan Alat	35
Gambar 3.2 (a) Sketsa Sistem Kerja Alat	39
Gambar 3.2 (b) Diagram Blok Sistem	39
Gambar 3.3 Diagram alir penelitian.	40
Gambar 4.1 Grafik hubungan antara nilai tegangan terhadap kecepatan kipas angin pada jarak 5 cm.	43

Gambar 4.2 Grafik hubungan antara nilai arus terhadap kecepatan kipas angin pada jarak 5 cm	44
Gambar 4.3 Grafik hubungan antara nilai putaran terhadap kecepatan kipas angin pada jarak 5 cm	45
Gambar 4.4 Grafik hubungan antara nilai tegangan terhadap kecepatan kipas angin pada jarak 15 cm	47
Gambar 4.5 Grafik hubungan antara nilai arus terhadap kecepatan kipas angin pada jarak 15 cm	48
Gambar 4.6 Grafik hubungan antara nilai putaran terhadap kecepatan kipas angin pada jarak 15 cm	49
Gambar 4.7 Grafik hubungan antara nilai tegangan terhadap kecepatan kipas angin pada jarak 25 cm	51
Gambar 4.8 Grafik hubungan antara nilai arus terhadap kecepatan kipas angin pada jarak 25 cm	52
Gambar 4.9 Grafik hubungan antara nilai putaran terhadap kecepatan kipas angin pada jarak 25 cm	53

ABSTRAK

Energi angin merupakan salah satu pemanfaatan energi terbarukan yang memiliki potensi sangat besar untuk dikembangkan. Energi angin merupakan energi yang bersih tanpa mencemari lingkungan. Potensi energi angin di Indonesia sangatlah besar, namun masih kurang dimanfaatkan. Memanfaatkan energi angin menjadi energi listrik berskala kecil dapat dikembangkan dengan menggunakan turbin dan generator yang berskala kecil pula. Dengan pergerakkan maju dari sepeda motor, energi angin yang tersedia dapat dimanfaatkan agar menjadi energi listrik. Memanfaatkan energi angin yang berskala kecil agar menjadi energi listrik, dapat dirancang mini pembangkit listrik tenaga angin pada sepeda motor dengan menggunakan turbin sebagai media perubah energi angin menjadi energi gerak, dimana pergerakkan turbin diteruskan ke *shaft* generator, generator inilah yang menghasilkan energi listrik. Penelitian ini menguji seberapa besar energi listrik yang dihasilkan pada perbedaan kecepatan antara 30, 40, 50, 60, 70 km/jam pada perbedaan waktu pagi, siang, sore, dan malam hari. Dari pengujian yang dilakukan tegangan terendah terdapat pada kecepatan 30 km/jam yaitu sebesar 3,6 V pada sore hari dan tegangan tertinggi terdapat pada kecepatan 70 km/jam yaitu sebesar 12 V pada siang hari. Setiap kecepatan sepeda motor memiliki putaran turbin yang berbeda-beda, semakin tinggi kecepatan sepeda motor maka akan semakin besar putaran turbinnya. Putaran turbin terendah didapat pada saat kecepatan sepeda motor 30 km/jam dan putaran turbin tertinggi didapat pada saat kecepatan sepeda motor 70 km/jam. Semakin besar putaran turbin yang dihasilkan maka semakin besar tegangan yang dihasilkan.

Kata Kunci: Energi angin, pembangkit mini, turbin, generator dc

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan energi angin di Indonesia untuk saat ini masih tergolong rendah namun punya potensi yang sangat besar. Salah satu penyebabnya adalah karena kecepatan angin rata-rata di wilayah Indonesia tergolong kecepatan angin rendah, yaitu berkisar antara 3 m/s hingga 5 m/s sehingga sulit untuk menghasilkan energi listrik dalam skala besar [1]. Meskipun demikian, potensi anginnya tersedia hampir sepanjang tahun, sehingga memungkinkan dikembangkan sistem pembangkit listrik skala kecil. Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan melakukan kajian teknis terhadap mesin konversi energi dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan secara optimal dalam menghasilkan energi listrik. Inovasi dalam memodifikasi kincir angin perlu dikembangkan agar dalam kondisi kecepatan angin yang rendah dapat memberikan hasil yang maksimal.

Teknologi pengembangan kincir angin terus dikembangkan agar dapat dimanfaatkan dalam kondisi kecepatan angin yang berubah-ubah. Untuk itu, maka akan diterapkan pembangkit listrik tenaga angin menggunakan sumbu vertikal untuk penerangan rumah tangga skala kecil di pesisir pantai Bajul Mati Desa Gagahrejo Kecamatan Gedangan Kabupaten Malang dengan harapan dapat bermanfaat untuk masyarakat yang bermukim di daerah pesisir pantai yang belum teraliri listrik dari PLN [1].

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat itulah, maka diperlukan waktu yang tidak sedikit untuk membangun suatu pembangkit tenaga listrik. Para perencana sistem juga harus dapat melihat kemungkinan-kemungkinan perkembangan sistem tenaga listrik di tahun-tahun yang akan datang. Maka dari itu diperlukan pengembangan industri listrik yang meliputi perencanaan pembangkitan, sistem kontrol dan proteksi, serta sistem transmisi dan distribusi listrik yang akan disalurkan hingga sampai pada konsumen. Pembangunan pembangkit skala besar sering terkendala besarnya investasi dan jangka waktu pembangunan yang lama pada pusat-pusat tenaga listrik dibandingkan pembangunan industri yang lain maka perlu diusahakan agar dapat memenuhi kebutuhan tenaga listrik tepat pada waktunya. Dengan kata lain pembangunan bidang kelistrikan harus dapat mengimbangi kebutuhan tenaga listrik yang akan terus meningkat tiap tahunnya. Pembangkit listrik yang dimiliki oleh PLN secara umum menggunakan energi yang termasuk tidak terbarukan, contoh : batubara, BBM. Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang terus meningkat itulah, diperlukan pembangkit tenaga listrik dengan memanfaatkan sumber daya alam yang ada (energi terbarukan). PLTMh (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro) dan PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) adalah pembangkit tenaga listrik dengan sumber energi terbarukan. Hal ini dilihat dari segi ekonomis dan keamanan. Karena dewasa ini cadangan energi fosil semakin berkurang sedangkan kebutuhan konsumsi bahan bakar minyak terus meningkat, hal ini berdampak pada krisis energi [2].

Pengembangan PLTMh (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro) sangat cocok untuk daerah terpencil atau pedesaan yang pada umumnya masih banyak

terdapat sumber daya air terutama daerah yang masih banyak ditumbuhi pepohonan. PLTB atau Pembangkit Listrik Tenaga Angin sangat cocok untuk daerah pesisir pantai yang mempunyai kecepatan angin tinggi [2].

PLTB mempunyai keuntungan utama karena sifatnya terbarukan. Hal ini berarti eksploitasi sumber energi ini tidak akan membuat sumber daya angin yang berkurang seperti halnya penggunaan bahan bakar fosil [2]. Maka dari pengertian di atas dapat memotifasi penulis untuk memanfaatkan turbin ventilator sebagai pembangkit listrik tenaga angin tipe horizontal (horizontal axis) sebagai energi alternatif.

1.2. Rumusan Masalah

Adanya permasalahan-permasalahan diatas didapatkan rumusan masalah dari penelitian yaitu

1. Bagaimana merancang sistem pembangkit tenaga angin menggunakan turbine ventilator.
2. Bagaimana pengaruh tegangan *output* tegangan generator terhadap perbedaan kecepatan kipas angin
3. Bagaimana pengaruh arus output generator terhadap perbedaan kecepatan kipas angin.
4. Bagaimana pengaruh tegangan output generator terhadap tegangan output konverter.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah

1. Untuk merancang sistem pembangkit listrik tenaga angin tipe horizontal menggunakan turbine ventilator.
2. Menganalisa tegangan yang dihasilkan antara perbedaan kecepatan kipas angin.
3. Menganalisa arus yang dihasilkan antara perbedaan kecepatan kipas angin.
4. Menganalisa pengaruh tegangan output generator terhadap tegangan output konverter

1.4. Batasan Masalah

Pembuatan Tugas Akhir ini penulis membatasi ruang lingkup permasalahan dengan maksud agar mencapai sasaran yang diharapkan. Adapun batasan masalah Tugas Akhir ini adalah:

1. Pembuatan sistem pembangkit tenaga angin menggunakan turbin ventilator
2. Mengetahui tegangan yang dihasilkan antara perbedaan kipas angin.
3. Mengetahi arus yang dihasilkan antara perbedaan kecepatan kipas angin.
4. Tidak mengukur daya keluaran generator.

1.5. **Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diperoleh dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Untuk memanfaatkan energi angin secara optimal dan mendapatkan energi listrik dengan biaya minimal.
2. Manfaat umum yaitu sebagai sumbangan pemikiran untuk pertimbangan dalam pembangunan pembangkit tenaga listrik.

1.6. **Sistemetik penyusunan**

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

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang permasalahan, pembatasan masalah, tujuan penulisan Tugas Akhir, metodologi penyusunan dan sistematika penyusunan.

BAB II LANDASAN TEORI

Berisi tentang pendekatan teoritis baik yang bersumber dari acuan pustakamaupun analisis penulis sendiri, dan disertai pertimbangan pemilihan bahan.

BAB III METODE PENELITIAN

Berisi tentang tempat, metode dan tujuan pengujian, alat bantu uji, prosedur pengujian.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang perhitungan yang berkaitan dengan objek setelah melaksanakan pengujian.

BAB V PENUTUP

Berisi kesimpulan dan saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit tenaga listrik

Pengertian pembangkit listrik secara umum adalah bagian alat industri yang dipakai untuk memproduksi dan membangkitkan tenaga listrik dari berbagai sumber tenaga, seperti PLTU, PLTN, PLTA, PLTS, dan lain-lainnya. Energi 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 [3].

Sumber energi terbagi menjadi dua yakni sumber energi terbarukan dan sumber energi tidak terbarukan. Kebutuhan energi yang semakin meningkat tidak sebanding dengan pasokan sumber energi tidak terbarukan yang ada (bahan bakar fosil). Salah satu alternatif untuk mengatasi krisis energi tersebut adalah dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan, salah satunya dengan tenaga angin. Di Indonesia pembangkit listrik tenaga angin banyak dimanfaatkan di bidang perikanan dan pertanian. Tenaga angin dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin sehingga energi listrik yang timbul dapat membuat pompa mengaliri tambak maupun sawah petani dan dapat menghidupkan lampu di area tambak maupun sawah [4].

Peningkatan kincir angin poros vertikal melalui sistem buka tutup sirip pada 3 sudu. Dari hasil penelitian Azmain Noor Hatuwe diperoleh melalui pengujian langsung pada kincir angin yang menjadi objek penelitian. Kincir angin ini menggunakan *Blade* yang berbentuk empat persegi panjang dengan permukaan rata. Jumlah *Blade* yang digunakan pada saat pengujian bervariasi 2, 3 dan 4 buah, setiap pengujian jumlah *blade* yang terpasang, diberikan hembusan kecepatan angin 250 cm/detik, 180 cm/detik, 112 cm/detik. Hasil pembahasan data penelitian memberikan informasi bahwa, sistem buka tutup blade dapat memutar kincir angin poros vertical, dengan menggunakan *blade* sebanyak 3 buah, maka daya maksimal untuk masing – masing penggunaan jumlah *blade* diperoleh pada kecepatan 250 cm/detik, yaitu 2 buah blade menghasilkan daya 0,134 Watt, 3 buah blade menghasilkan daya 0,16 Watt dan 4 buah blade menghasilkan daya 0,15 Watt [5].

Bagian utama dari pembangkit listrik ini adalah generator, yakni mesin berputar yang merubah energi mekanis menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip medan magnet dan penghantar listrik. Mesin generator ini di aktifkan dengan menggunakan berbagai sumber energi yang sangat bermanfaat dalam suatu pembangkit listrik [4].

2.2 Energi Angin

Angin adalah udara yang bergerak karena adanya perbedaan tekanan di permukaan bumi ini. Angin akan bergerak dari suatu daerah yang memiliki tekanan tinggi ke daerah yang memiliki tekanan tekanan yang lebih rendah. Angin yang bertiup di permukaan bumi ini terjadi akibat adanya perbedaan penerimaan

radiasi surya, sehingga mengakibatkan perbedaan suhu udara. Adanya perbedaan suhu tersebut menyebabkan perbedaan tekanan, akhirnya menimbulkan gerakan udara. Perubahan panas antara siang dan malam merupakan gaya gerak utama sistem angin harian, karena beda panas yang kuat antara udara di atas darat dan laut atau antara udara diatas tanah tinggi (pegunungan) dan tanah rendah (lembah) [6].

Energi angin adalah energi yang relatif bersih dan ramah lingkungan karena tidak menghasilkan karbon dioksida CO₂ atau gas-gas lain yang berbahaya dalam pemanasan global, sulphur dioksida dan nitrogen oksida (jenis gas yang menyebabkan hujan asam). Energi ini pun tidak menghasilkan limbah yang berbahaya bagi lingkungan ataupun manusia. Dengan demikian, harap diingat bahwa sekecil apapun semua bentuk produksi energi selalu memiliki akibat bagi lingkungan. Hanya saja efek turbin angin sangat rendah, bersifat lokal dan mudah dikelola [7].

Proses pemanfaatan energi angin dilakukan melalui dua tahapan konversi energi, pertama aliran angin akan menggerakkan rotor (baling- baling) yang menyebabkan rotor berputar selaras dengan angin yang bertiup, kemudian putaran dari rotor dihubungkan dengan generator, dari generator inilah dihasilkan arus listrik [6].

Listrik yang dihasilkan dari Sistem Konversi Energi Angin akan bekerja optimal pada siang hari dimana angin berhembus cukup kencang dibandingkan dengan pada malam hari, sedangkan penggunaan listrik biasanya akan meningkat pada malam hari. Untuk mengantisipasinya sistem ini sebaiknya tidak langsung digunakan untuk keperluan produk-produk elektronik, namun terlebih dahulu

disimpan dalam satu media seperti baterai atau aki sehingga listrik yang keluar besarnya stabil dan bisa digunakan kapan saja [6].

Pemanfaatan energi angin selain dapat mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil, diharapkan juga dapat meningkatkan produktifitas masyarakat pertanian. Walaupun pemanfaatan energi angin dapat dilakukan dimana saja, daerah-daerah yang memiliki potensi energi angin ini lebih kompetitif dibandingkan dengan energi alternatif lainnya. Ada beberapa informasi penting telah didapatkan, yaitu tentang profil suhu dan penurunan suhu (lapse rate), lapisan tropopause, profil komponen angin zonal, dan beberapa nilai indeks radiosonde. Lapse rate rerata dari permukaan sampai ketinggian lapisan tropopause adalah sekitar $-0.62 \text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{meter}$. Lapse rate rerata dari permukaan sampai paras freezing level sekitar $-0.55 \text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{meter}$. Untuk lapisan di atas freezing level mempunyai tingkat labilitas yang lebih tinggi dibandingkan pada lapisan di bawah freezing level. Lapisan tropopause secara rerata berada pada ketinggian 16.6 kilometer dengan suhu sekitar $-81 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Oleh karena itu studi potensi pemanfaatan energi angin ini sangat tepat dilakukan guna mengidentifikasi daerah-daerah berpotensi. Udara yang memiliki massa (m) dan kecepatan (v) akan menghasilkan energi kinetik sebesar[8]:

$$E = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

E = energi kinetik (joule)

m = massa udara (kg)

v = kecepatan angin (m/s)

Rumus di atas juga berlaku untuk angin yang merupakan udara yang bergerak. Jika suatu “blok” udara memiliki penampang A dan bergerak dengan kecepatan v , maka jumlah massa yang melewati suatu tempat dapat dilihat pada rumus berikut:

$$m = \rho \cdot A \cdot v \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana :

m = kelajuan aliran massa udara (kg/s)

ρ = kerapatan udara (kg/m³)

A = luas penampang (m²)

v = kecepatan angin (m/s)

Dengan luas penampang dapat di tentukan dengan persamaan berikut :

$$A = d \times h \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana :

d = diameter sudu (m)

h = tinggi sudu (m)

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

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana:

ρ = densitas udara ($\rho = 1,225$ kg/m³)

A = luas penampang turbin (m²)

v = kecepatan udara (m/s)

2.3 Pembangkit Listrik tenaga angin

Secara umum Pembangkit listrik tenaga angin adalah suatu pembangkit listrik yang menggunakan angin sebagai sumber energi untuk menghasilkan energi listrik. Pembangkit ini dapat mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin. Sistem pembangkitan listrik menggunakan angin sebagai sumber energi merupakan sistem alternatif yang sangat berkembang pesat, mengingat angin merupakan salah satu energi yang tidak terbatas di alam [10].

Jenis pembangkit listrik dengan memanfaatkan energi kinetik angin. Angin nantinya akan menerpa permukaan bilah yang merupakan komponen dari pembangkit itu sendiri dan memutar bagian rotor generator, putaran tersebut menghasilkan perubahan fluks magnetik pada stator dimana lilitan tembaga berada. Berdasarkan fenomena yang ditemukan Michael Faraday dimana perubahan fluks magnetik terhadap lilitan tembaga, maka tegangan pun didapat dari energi kinetik dari angin menjadi energi listrik [3].

Pembangkit listrik tenaga angin mengkonversikan tenaga angin menjadi energi listrik dengan menggunakan kincir angin atau turbin angin. Cara kerjanya cukup sederhana yaitu putaran turbin yang disebabkan oleh angin diteruskan ke rotor generator dimana generator ini memiliki lilitan tembaga yang berfungsi sebagai stator sehingga terjadinya GGL (gaya gerak listrik). Listrik yang dihasilkan dapat disimpan ke baterai atau dimanfaatkan langsung ke beban seperti lampu [10].

2.4 Turbin Angin

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. Turbin angin terdahulu banyak dibangun di Denmark, Belanda, dan Negara-Negara Eropa lainnya dan lebih dikenal dengan Windmill [11].

Turbin angin merupakan sebuah alat yang digunakan dalam sistem konversi energi angin (SKEA). Turbin 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 atau menggerakkan pompa untuk pengairan seperti Gambar 2.1. [9].



Gambar 2.1 Turbin angin

Prinsip dasar kerja dari turbin angin adalah mengubah energi mekanis dari angin menjadi energi putar pada kincir, lalu putaran kincir digunakan untuk memutar generator, yang akhirnya akan menghasilkan listrik. Turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip *konversi* energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui yaitu angin. Walaupun sampai saat ini pembangunan turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik *konvensional* (Contoh: PLTD, PLTU), turbin angin masih lebih dikembangkan oleh para ilmuwan karena dalam waktu dekat manusia akan dihadapkan dengan masalah kekurangan sumber daya alam tak terbaharui (Contoh : batubara, minyak bumi) sebagai bahan dasar untuk membangkitkan listrik [11].

James Manwell menyatakan pada tahun 2009 bahwa pada awalnya turbin angin merupakan alat bantu yang digunakan dalam bidang pertanian. Teknologi tenaga angin, sumber daya energi yang paling cepat berkembang di dunia, sepiantas terlihat sederhana. Selain untuk pembangkitan listrik, turbin angin sangat cocok untuk mendukung kegiatan pertanian dan perikanan, seperti untuk keperluan irigasi, aerasi tambak ikan, dan sebagainya. Tenaga ditransfer melalui baling-baling kadang dioperasikan pada variabel kecepatan, lalu ke generator dan menghasilkan energi listrik untuk digunakan [12].

Menurut James Manwell tahun 2009 pengetahuan tentang energi angin telah lama dipelajari dan digunakan, sehingga teknologi energi angin bukanlah teknologi yang baru ditemukan. Pada 200 tahun lalu sebelum masehi bangsa Persia telah menggunakan teknologi kincir angin. Kincir angin sumbu vertikal merupakan kincir angin pertama yang tercatat dalam sejarah, pada abad ke – 7

kincir angin ini dibangun pada perbatasan antara Iran-Afganistan-Pakistan. Bangsa Persia dulunya menggunakan teknologi energi angin untuk menggiling/menumbuk gandum dan biji-bijian lainnya, dan juga mereka memanfaatkannya untuk memompa air. Perkembangan yang paling maju terjadi di Belanda dimana mulai banyak dikembangkannya bentuk dari kincir angin. Pada tahun 1920 di Amerika, teknologi tersebut mulai digunakan untuk membangkitkan listrik, yang dimana kincir angin untuk membangkitkan listrik dikenal dengan nama turbin angin. Kini turbin angin mulai banyak digunakan untuk mengakomodasikan kebutuhan listrik, dengan menggunakan konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbarui yaitu angin. Walaupun untuk saat ini pembangunan turbin angin belum mampu untuk menyaingi pembangkit energi konvensional (PLLTU, PLTD, dll). Turbin angin dikembangkan oleh ilmuwan karena dalam waktu dekat akan terjadi kekurangan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui seperti batu bara dan minyak bumi sebagai bahan utama pembangkit listrik saat ini. Umumnya daya efektif yang dapat diterima oleh turbin angin hanya sebesar 20%-30%. Oleh karenanya, pengembangan efisiensi turbin angin dengan menyempurnakan beberapa aspek di bawah ini [13] :

a. Baling – baling

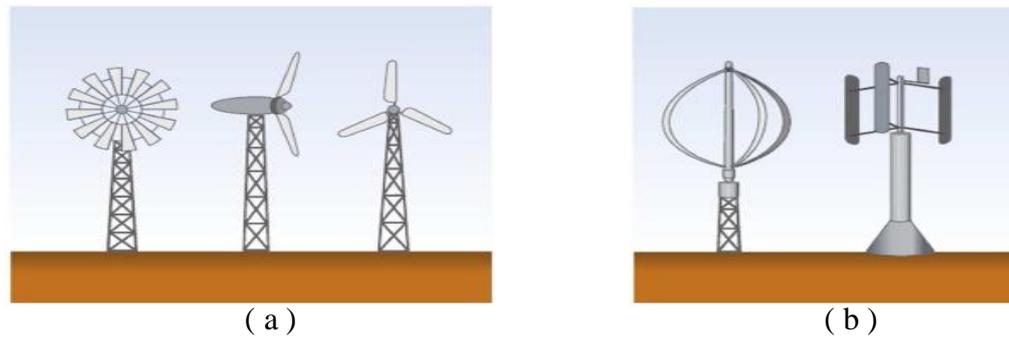
Baling – baling berukuran panjang bias menangkap atau mengumpulkan lebih banyak energi dibandingkan dengan yang berukuran pendek. Kelemahannya adalah baling-baling panjang cenderung lebih berat dan lebih mudah rusak. Fokus penelitian adalah

untuk tetap mempertahankan panjang, kekuatan, ketebalan, namun dengan berat yang ringan.

b. Kontrol

Jika angin semakin kencang, semakin besar pula energi yang dihasilkan. Memang benar tapi tidak semudah itu. Karena baling-baling direncanakan akan berbobot ringan, angin kencang dapat dengan mudah menghancurkannya. Jika tidak ada mekanisme rem atau penurunan kecepatan baling-baling, angin dapat merusak konstruksi baling-baling, bahkan menerbangkannya dengan mudah. Rem merupakan faktor penting dalam pengendalian kecepatan putaran baling-baling itu yang masih terus dipelajari.

Kebanyakan turbin angin yang digunakan yaitu turbin angin horisontal yang bersudu tiga atau dua. Turbin angin yaitu kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Daya yang dihasilkan oleh turbin angin tergantung pada diameter dari sudu, semakin panjang diameter maka daya yang dihasilkan semakin besar. Namun sekarang ini turbin angin banyak digunakan untuk mengkomodasi listrik masyarakat, dengan menggunakan konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbarui yaitu angin. jenis jenis turbin dibagi menjadi dua yaitu turbin angin horisontal dan vertikal, dan ini lah Gambar 2.2 dari turbin angin tersebut [11].



Gambar 2.2 Jenis Turbin Angin

- a. Turbin Angin horisontal
- b. Turbin Angin Vertikal

2.4.1 Tipe turbin angin

2.4.1.1 Turbin Angin Sumbu Horisontal

Turbin angin sumbu horizontal ialah jenis turbin angin yang paling banyak digunakan. Turbin ini terdiri dari sebuah menara yang di puncaknya terdapat sebuah baling-baling yang berfungsi sebagai rotor dan menghadap atau membelakangi arah angin. Kebanyakan turbin angin jenis ini mempunyai dua atau tiga bilah baling-baling walaupun ada juga turbin bilah baling-balingnya kurang atau lebih daripada yang disebut di atas [1].

Ada beberapa tipe turbin angin sumbu horizontal, yaitu :

- a. Tipe *American Multiblade*

Turbin angin *American Multiblade* adalah salah satu jenis turbin angin yang mempunyai jumlah sudu yang banyak, biasanya turbin angin ini memiliki jumlah sudu lebih dari tiga buah. Gambar turbin angin *American Multiblade* dapat dilihat pada Gambar 2.3. sesuai dengan

namanya, turbin angin ini banyak di temukan di negara amerika serikat dan biasa digunakan air, menggiling biji-bijian dan sebagai pembangkit listrik [1].



Gambar 2.3 Turbin angin jenis *American Multiblade*

b. Tipe *Dutch Four Aarm*

Turbin angin *Dutch Four Aarm* adalah memiliki jumlah sudu empat buah. Gambar turbin angin *Dutch Four Aarm* dapat dilihat pada Gambar 2.4 turbin angin ini biasanya digunakan oleh negara Belanda untuk menggerakkan pompa agar dapat mengeringkan lahan, dengan cara memompa air tanah keluar lahan yang biasanya disebut polder. Adanya angin secara teratur, dapat menjamin pompa tersebut untuk berfungsi secara terus menerus sehingga pompa pun dapat terus beroperasi. Sudah berabad-abad turbin angin jenis ini digunakan oleh negara Belanda untuk menggiling gandum dan untuk memompa air demi mengeringkan negerinya yang lebih rendah dari pada laut [7].



Gambar 2.4 turbin angin tipe *Dutch Four Arm*

c. Tipe *propeler*

Turbin angin jenis *propeler* ini adalah biasanya memiliki jumlah sudu 2 atau 3 buah. Kincir angin jenis *propeler* memiliki efisiensi yang cukup baik. Pada umumnya, untuk sistem pembangkit listrik tenaga angin di gunakan jenis ini karena larakteristikannya yang unggul. Kincir angin jenis *propeler* dapat dilihat pada Gambar 2.5 [14] :



Gambar 2.5 Turbin Angin jenis *propeler*

2.4.1.2 Turbin angin sumbu vertikal

Turbin angin dengan sumbu vertikal bekerja dengan prinsip yang sama seperti halnya kelompok horiontal. Namun sudunya berputar dalam bidang yang paralel dengan tanah, seperti Mixer, Kocokan Telur, dan lain lain. Jika dikaitkan dengan sumber daya angin, turbin angin dengan jumlah sudu banyak lebih cocok digunakan pada daerah dengan potensi energi angin yang rendah karena kecepatan rotasi angin tercapai pada putaran rotor dan kecepatan angin yang tidak terlalu tinggi, Sedangkan turbin angin dengan sudu sedikit (untuk pembangkit listrik) tidak akan beroperasi secara effisien pada daerah dengan kecepatan rata-rata kurang dari 4 m/s. dengan demikian daerah dengan potensi energi angin rendah cocok untuk dikembangkan turbin angin keperluan mekanikal. Jenis turbin angin yang cocok untuk keperluan ini antara lain tipe *multi blade*, *Cretan sail* dan *savonius* [5].

Turbin sumbu vertikal dibagi menjadi dua jenis yaitu: Savonius dan Darrieus.

a. Turbin Darrieus

Turbin Darrieus mula-mula diperkenalkan di Perancis pada sekitar tahun 1920-an. dan dipatenkan oleh G.J.M. Darrieus di amerika serikat pada tahun 1931, beberapa saat kemudian, turbin ini diperbarui lagi dengan di tahun 1974 dengan menghasilkan daya 64 Kw, keutungan turbin angin ini yaitu karena berbentuk vertikal, turbin angin ini tidak memerlukan kecepatan angin yang tinggi untuk menghasilkan daya, karena berbentuk *troposkein* yang ditemukan di Greek, jadi cocok untuk dimana saja, selain itu, efisiensi dari turbin ini hampir sama

dengan efisiensi dari turbin angin horizontal, dan tidak perlu biaya yang banyak untuk membuat turbin ini. Turbin angin sumbu vertikal ini mempunyai bilah-bilah tegak yang berputar kedalam dan keluar dari arah angin dapat dilihat seperti pada Gambar 2.6 [9].



Gambar 2.6 Turbin Darrieus.

b. Turbin Angin Savonius

Turbin angin tipe savonius merupakan turbin dengan konstruksi sederhana pertama kali ditemukan oleh sarjana Finlandia bernama Sigurd J. Savonius. Turbin yang termasuk dalam kategori VAWT ini memiliki rotor dengan bentuk dasar setengah silinder. Konsep turbin angin savonius cukup sederhana, prinsip kerjanya berdasarkan differential drag windmill. Contoh turbin Savonius ditunjukkan pada Gambar 2.7 [9] :



Gambar 2.7 Turbin Savonius

2.5 Turbin Ventilator

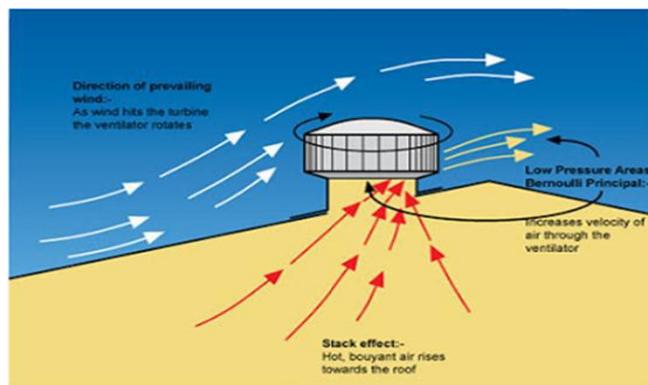
Turbin ventilator merupakan alat sirkulasi udara sejenis *exhaust fan* atau *roof fan* yang berfungsi sebagai penghisap udara panas dan debu dari dalam keluar ruangan. Perbedaannya jika kipas angin, *exhaust fan* dan sebagainya memerlukan tenaga listrik, sedangkan Turbine Ventilator hanya digerakkan dengan hembusan angin, tanpa konsumsi listrik dan dapat dilihat pada Gambar 2.8 [11].



Gambar 2.8 Turbin Savonius

2.5.1 Prinsip Kerja Turbin Ventilator

Turbin Ventilator bisa berputar hanya dengan menggunakan tenaga angin yang lemah sekalipun akan tetapi juga mampu menahan angin berkecepatan tinggi. Hembusan angin inilah yang akan mendorong sirip-sirip turbin supaya berputar sehingga udara dalam ruangan yang bertekanan lebih tinggi akan terbang keluar. Dapat dilihat pada Gambar 2.9. Dengan memasang turbin ventilator maka secara alamiah udara panas di dalam ruangan akan mengalir naik dan menekan keluar melalui siripsirip turbin oleh udara yang lebih sejuk sehingga sirkulasi di dalam ruangan akan terjadi [11].



Gambar 2.9 Prinsip Kerja Turbin Ventilator

2.5.2 Pemanfaatan Turbin Ventilator

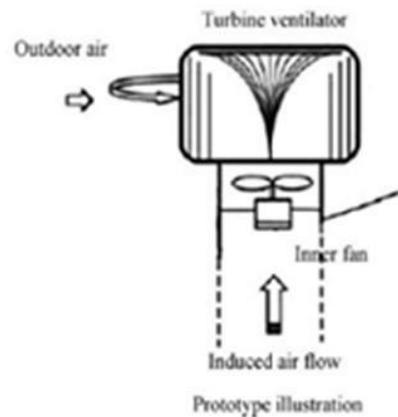
Salah satu aplikasi sistem konversi energi angin dipakai pada *turbine ventilator*. Pada dasarnya sebuah *turbine ventilator* berfungsi menyalurkan udara panas dari sebuah ruangan ke lingkungan sekitar. Konsep awalnya dibuat oleh *Meadows* pada tahun 1929, berupa *rotary ventilator*. Hingga usaha *komersialisasi* dilakukan oleh *Edmonds* pada tahun 1934. Sebuah *turbine ventilator* biasanya terdiri dari beberapa sudu *vertikal* yang tersusun pada *frame silinder* dan sebuah

kubah digunakan sebagai penutup. Sebagai sistem *transmisi* digunakan poros dan bantalan yang dipasang pada saluran ventilasi utama. Ketika turbin tertiuip oleh angin, gaya angkat ke atas dan gaya hambat mengakibatkan *turbine ventilator berotasi*, perputaran ini akan mengakibatkan tekanan di bawah *turbine ventilator* menjadi rendah sehingga udara yang terperangkap dalam gedung akan mengalir keluar.

Turbine ventilator dikombinasikan dengan *backward curved centrifugal fan* dan kincir angin. Dasar pemikirannya adalah kenyataan bahwa *turbine ventilator* menangkap dan menggunakan tenaga angin sebagai turbin angin. Model ini menunjukkan bahwa Kecepatan rotasi ventilator sebagai fungsi dari kecepatan angin, selanjutnya *turbine ventilator* dibuat memompa udara keluar dari ruangan.

Visualisasi aliran yang menunjukkan adanya pola aliran udara disekitar *turbine ventilator*. Aliran udara ini membelah jadi dua aliran ketika mengalir melalui *turbine ventilator*. Satu aliran berada pada arah rotasi sehingga menjadikannya sebuah gaya untuk berotasi sedangkan yang lain berada pada arah yang berlawanan dengan rotasi dan menghambat rotasi dari *turbine ventilator*. Bila yang berputar mengakibatkan pencampuran udara di belakang *turbine ventilator*. Riset yang sama diuji dalam 3 diameter *turbine ventilator* ukuran yang berbeda yaitu 6, 14, 20 in dengan kecepatan *free stream* antara 10 sampai 30 m/s di Taiwan. Pada riset tersebut ditemukan bahwa untuk diameter *turbine ventilator* yang semakin besar maka akan menghasilkan laju ventilasi yang lebih besar pula, namun pada diameter antara 14 sampai 20 in peningkatan laju ventilasi tidaklah

signifikan sehingga menambahkan *inner fan* untuk meningkatkan laju ventilasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 *Turbine ventilator* dengan *inner fan*

Pada saat musim kemarau suhu ruang dalam *plafond*/atap dapat mencapai paling tinggi 60° C. Panas yang diterima permukaan atap akan diradiasikan kembali ke bawah dan menyebabkan ruangan menjadi panas sehingga udara panas akan terperangkap dan tidak dapat keluar. Sedangkan pada musim hujan kelembapan di dalam ruangan dapat dihasilkan dari air kamar mandi, uap hasil memasak, yang mana akan terkumpul di *plafond* dan menyebabkan adanya *kondensasi*. *Kondensasi* ini akan mengurangi *efektifitas* dari *insulasi*, dan menyebabkan tumbuhnya jamur pada dinding dan *plafond*. Hal ini seperti terlihat pada gambar 2.13 , sehingga dengan adanya *turbine ventilator* beberapa masalah tersebut dapat teratasi, karena *turbine ventilator* memiliki mekanisme antara lain :

a. *Efek Thermal*

Efek thermal disebabkan oleh perbedaan suhu diluar ruangan dengan suhu didalam ruangan, sehingga udara yang lebih panas dan

ringan akan terdorong ke atas oleh udara yang lebih sejuk dan berat (perbedaan densitas udara).

b. *Efek Induksi*

Dengan adanya dorongan angin pada salah satu sisi ventilator akan menyebabkan berputarnya *turbine ventilator* yang juga menyebabkan daerah *wake* pada sisi yang berlawanan dimana di liat Gambar 2.11 udara dalam ruangan yang bertekanan tinggi akan tersedot keluar.



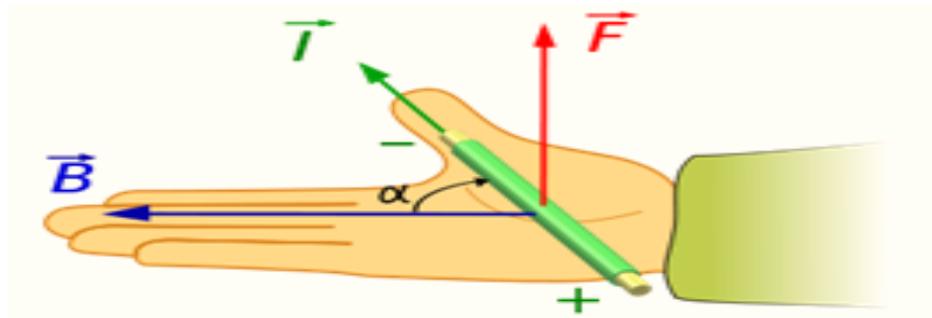
Gambar 2.11 Mekanisme ventilasi dengan menggunakan Turbine Ventilator

2.6 Generator

Generator adalah sebuah perangkat yang dapat menghasilkan sumber listrik dari energi mekanik. Jadi generator listrik mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan dari generator ini dapat diperoleh karena memakai sistem induksi elektromagnetik. Generator sederhana atau generator listrik kecil biasa disebut dinamo. Walaupun struktur dan cara kerjanya hampir sama, generator berbeda dengan motor listrik, jika fungsi motor listrik adalah untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik dan menjadi energi-energi lainnya [3].

Generator merupakan sumber utama energi listrik yang dipakai sekarang ini dan merupakan *converter* terbesar di dunia. Pada prinsipnya tegangan yang dihasilkan bersifat bolak balik, sedangkan generator yang menghasilkan tegangan searah karena telah mengalami proses penyearahan [1].

Generator adalah mesin listrik yang menggunakan magnet untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Prinsip generator dapat di lihat pada Gambar 2.12 secara sederhana dapat dikatakan bahwa tegangan diinduksikan pada kontaktor apabila konduktor tersebut bergerak pada medan magnet sehingga memotong garis gaya magnet [14].



Gambar 2.12 Penentuan arah ggl.

Prinsip dasar generator arus bolak balik menggunakan *hukum faraday* yang menyatakan jika sebatang penghantar berada pada medan magnet yang yang berubah-berubah, maka pada penghantar tersebut akan terbentuk gaya gerak listrik. Besar tegangan generator bergantung pada [15] :

- a. Kecepatan putaran (N)
- b. Jumlah kawat pada kumparan yang memotong *fluks* (Z)
- c. Jumlah *fluks* magnet yang dibandingkan oleh medan magnet (f)

Konstruksi generator arus bolak balik ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu.

1. Rotor, merupakan bagian bergerak yang menghasilkan medan magnet yang menginduksi ke stator
2. Stator merupakan bagian yang tetap pada generator yang terbuat dari baja yang berfungsi melindungi bagian dalam generator kotak terminal dan *name plate* pada generator. Inti stator yang terbuat dari bahan *feromagnetik* yang berlapis-lapis dan terdapat alur-alur tempat meletakkan lilitan stator. Lilitan stator yang merupakan tempat untuk menghasilkan tegangan sedangkan rotor berbentuk kutub sepatu (*salient*) atau kutub dengan celah udara sama rata (rotor silinder).

2.6.1 Generator Arus Bolak-balik (AC)

Generator AC sering disebut juga sebagai alternator atau generator AC (*alternating current*) atau juga generator *sinkron*. Alat ini sering dimanfaatkan di industri untuk menggerakkan beberapa mesin yang menggunakan arus listik sebagai sumber penggerak. Generator arus bolak-balik dibedakan menjadi dua jenis, yaitu:

- a. Generator arus bolak-balik satu fasa
- b. Generator arus bolak-balik tiga fasa

Jumlah kutub generator arus bolak-balik tergantung dari kecepatan rotor dan frekuensi dari gaya gerak listrik yang dibangkitkan, hubungan tersebut dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini:

$$f = \frac{pn}{120} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana:

f = frekuensi tegangan (Hz)

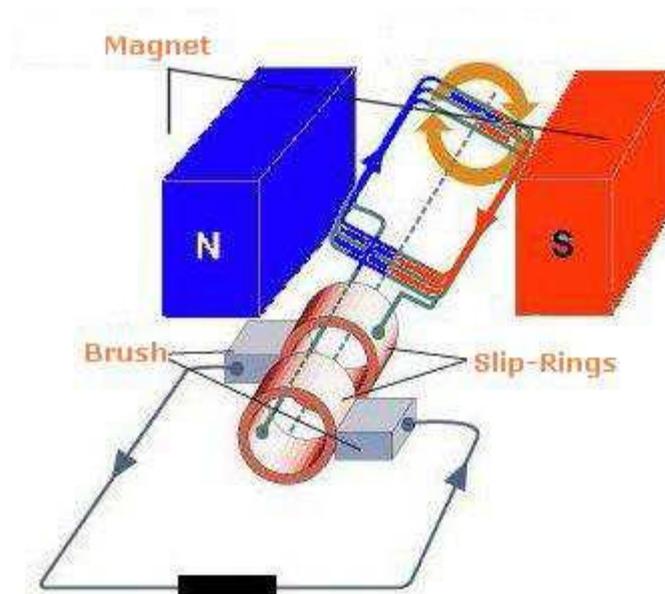
p = jumlah kutub pada rotor

n = kecepatan rotor (rpm)

2.6.2 Prinsip Kerja Generator

Prinsip dasar generator arus bolak-balik menggunakan *hukum faraday* yang mengatakan jika sebatang penghantar berada pada medan magnet yang berubah-ubah, seperti Gambar 2.13, maka pada penghantar tersebut akan terbentuk gaya gerak listrik. Besar tegangan generator bergantung pada :

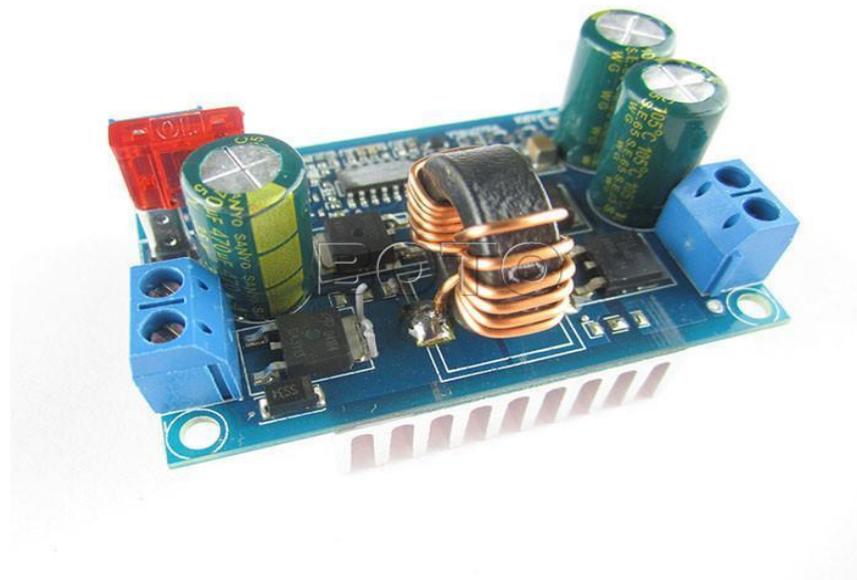
1. Kecepatan putaran (N)
2. Jumlah kawat pada kumparan yang memotong fluks (Z)
3. Banyaknya fluks magnet yang dibangkitkan oleh medan magnet (F)
4. Konstruksi Generator



Gambar 2.13 Prinsip Kerja Generator

2.7. Regulator

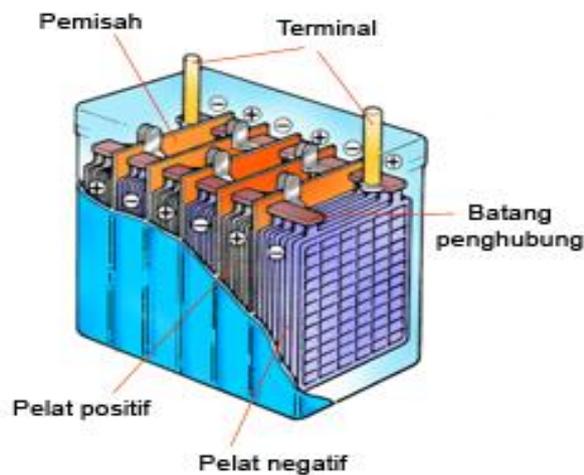
Pengatur tegangan (*Regulator Voltage*) berfungsi menyediakan suatu tegangan keluaran dc tetap yang tidak dipengaruhi oleh perubahan tegangan masukan, arus beban keluaran, dan suhu. Pengatur tegangan adalah salah satu bagian dari rangkaian catu daya DC. Pengatur tegangan dikelompokkan dalam dua kategori, pengatur *linier* dan *switching regulator*. yang termasuk dalam kategori pengatur linier, dua jenis yang umum adalah pengatur tegangan seri (*Series Regulator*) dan pengatur tegangan parallel (*Shunt Regulators*). Dua jenis pengatur diatas dapat diperoleh untuk keluaran tegangan positif maupun negatif. Sedangkan untuk *switching regulator* terdapat tiga jenis konfigurasi yaitu, *step-up*, *step-down* dan *inverting* seperti Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Auto Regulator

2.8 Baterai

Baterai adalah salah satu komponen penyimpanan energi yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi kimia dan energi kimia menjadi energi listrik. Untuk baterai 12 Volt nominal biasanya terdiri dari 6 sel dengan masing-masing sel memiliki tegangan 2 Volt. Jumlah tenaga listrik yang disimpan di dalam baterai dapat digunakan sebagai sumber tenaga listrik tergantung pada kapasitas baterai dalam satuan ampere jam (AH). Jika pada kotak baterai tertulis 12 volt 60 AH, berarti baterai tersebut mempunyai tegangan 12 volt dimana jika baterai tersebut digunakan selama 1 jam dengan arus pemakaian 60 ampere, maka kapasitas baterai tersebut setelah 1 jam akan habis. Maka pemakaian hanya 30 ampere maka baterai tersebut akan habis setelah 2 jam. Disini terlihat bahwa lamanya pengosongan baterai ditentukan oleh besarnya pemakaian arus listrik dari baterai tersebut. Semakin besar arus yang digunakan, maka akan semakin cepat terjadi pengosongan pada baterai, dan sebaliknya jika semakin kecil arus yang digunakan, maka akan semakin lama terjadi pengosongan pada baterai. Konstruksi baterai dapat dilihat pada Gambar 2.15 :



Gambar 2.15 Konstruksi Baterai

2.8.1 Faktor - Faktor yang Mempengaruhi Ketahanan Baterai

a. Pengaruh Temperatur.

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

Tanda-tanda terjadinya pensulfatan adalah:

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

b. Pengurangan Elektrolit yang Cepat.

1) *Over Charging*

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

2) *Self-Discharge*

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

3) *Gassing*

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

4) Penguapan

Iklim tropis dan letak baterai dekat mesin menjadi faktor penguapan elektrolit yang tinggi.

5) Korosi pada plat positif

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

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai perancangan dan realisasi dari skripsi meliputi gambaran alat, cara kerja sistem dan modul yang digunakan.

3.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jln Kapten Muhctar Basrih no : 3 medan

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan Bahan dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Alat Penelitian

Adapun alat-alat dari penelitian ini adalah :

a. Multitester

Multitester adalah alat yang digunakan untuk mengukur besarnya arus dan tegangan dari rangkaian *output*.

b. Tachometer

Tachometer adalah alat yang digunakan untuk mengetahui besarnya putaran *turbine ventilator*.

2. Bahan Penelitian

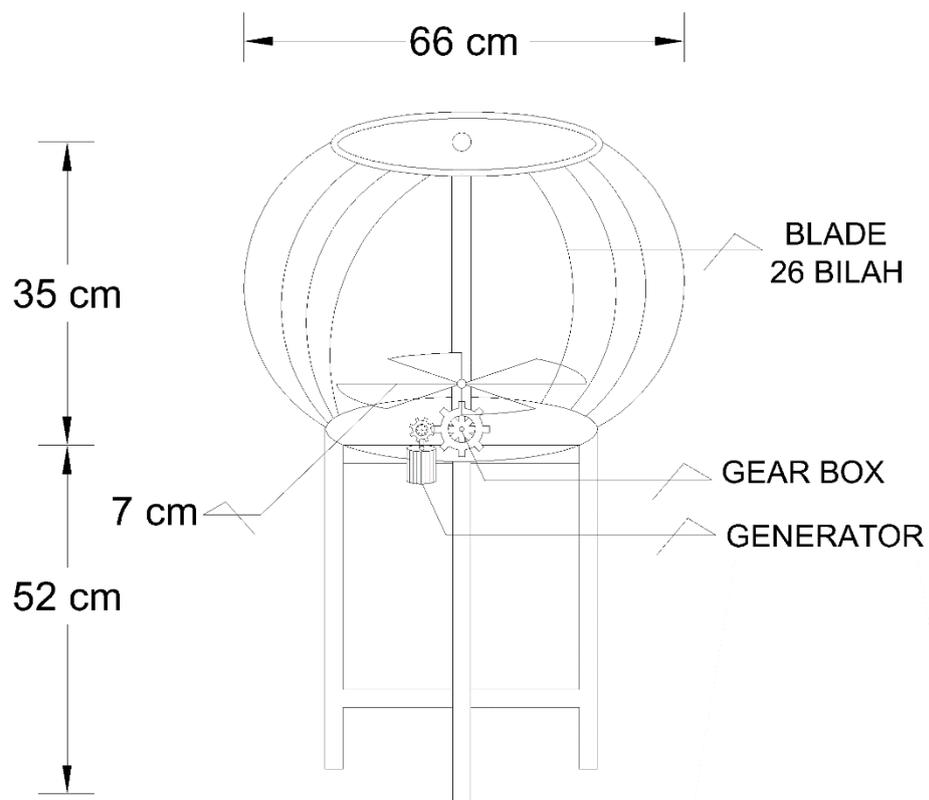
Berdasarkan proses pembuatan alat bahan-bahan yang akan digunakan merupakan bahan yang tersedia pada lapangan yaitu :

1. *Turbine Ventilator*
2. *Generator AC*
3. Plat kontruksi dudukan *turbine ventilator*
4. Kipas angin

3.3 Tahap perancangan alat

a. Desain perancangan turbin ventilator

Desain turbin ventilator sebagai pembangkit listrik yang dapat di lihat pada Gambar 3.1 menggunakan aplikasi autocad.



Gambar 3.1 Desain Perancangan Alat

b. Perancangan turbin ventilator

Pada perancangan turbin ventilator ini akan dijelaskan perangkat keras yang digunakan sistem, secara garis besar terdiri dari beberapa bagian yaitu turbin ventilator, generator, modul regulator.

1. Turbin Ventilator

Turbin ventilator yang digunakan memiliki dimensi diameter 0,66m, tinggi 0,35m, panjang celah sudu 0,07m, berat 4,616 kg dan memiliki blade atau bilah sebanyak 26 buah.

2. Gearbox

Gearbox merupakan salah satu alat untuk menyalurkan tenaga atau daya turbin ke generator. Disini penulis menggunakan *gear box* kayu dengan selisih 25 : 2 , supaya ringan putarannya.

3. Generator

Menggunakan generator AC magnet permanen 1 phase berdaya maksimal 300 Watt dengan tegangan maksimal 200 V pada 3000 rpm. Generator yang dipilih adalah generator yang ringan dengan kata lain tidak membutuhkan daya yang sangat besar agar generator mau berputar. Generator ini mampu berputar dengan torsi minimal 1,3 Nm. Sehingga dengan menggunakan generator ini dapat memanfaatkan tenaga angin minimal 1,4 m/s atau 5 km/jam dengan asumsi mengenai keseluruhan turbin.

4. Plat konstruksi dudukan turbin ventilator

Plat konstruksi dudukan turbin ventilator merupakan salah satu alat untuk dudukan turbin ventilator ada 4 kaki dengan panjang masing-masing berkisar 0,52 meter.

5. Kipas Angin

Untuk mensimulasikan angin, digunakan kipas dengan 3 kecepatan. Kipas angin ini memiliki diameter 0,5m dan jari – jari 0,25 m.

6. Dioda Penyearah

Dioda penyearah merupakan salah satu teknik merubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Rangkaian dioda penyearah merupakan rangkaian dasar pada sebagian besar rangkaian penyearah fasa banyak (polyphase rectifier).

7. Modul Regulator DC *AUTO BUCK BOOST*

Regulator menggunakan DC *AUTO BUCK BOOST* yang merupakan CMOS berbasis PFM *pulse frequency modulation* step-up DC - DC converter. *Step-up DC-DC converter* merupakan rangkaian yang dapat menaikkan tegangan DC dengan mengatur besarnya duty cycle pada switch-nya. Modul ini bertugas mengubah keluaran dari generator menjadi sebesar 30 V.

8. Baterai

Baterai adalah sebuah sel listrik dimana di dalamnya berlangsung proses elektrokimia. Baterai berfungsi sebagai penyimpan energi listrik dalam bentuk

energi kimia, yang akan digunakan untuk mensuplai listrik ke sistem rangkaian dan komponen listrik lainnya.

3.4 Prinsip Kerja Alat

Alat ini nantinya akan bekerja seperti turbin angin sumbu vertikal pada umumnya. Sumber angin diaplikasikan dari hembusan angin dialam terbuka dan kipas angin. Sumber angin dari alam digunakan untuk pengujian alat pada ruangan terbuka sedangkan sumber dari kipas angin digunakan untuk pengujian terkontrol didalam ruangan. Selanjutnya angin akan menumbuk turbin angin guna menggerakkan generator untuk menghasilkan sumber energi listrik dengan cara merubah gerak menjadi listrik. Kemudian energi yang telah dihasilkan akan distabilkan oleh konverter *DC-DC voltage regulator* supaya keluarannya dapat disimpan ataupun langsung dapat dimanfaatkan guna menghidupkan lampu LED sebagai penerangan. Alat tersebut dirancang portable sehingga mudah untuk dipindahkan dan mudah untuk dibongkar dan dipasang kembali agar pengguna dapat membongkar ketika akan disimpan dan mudah dirakit kembali ketika akan digunakan seandainya akan digunakan sebagai media peraga pembelajaran.

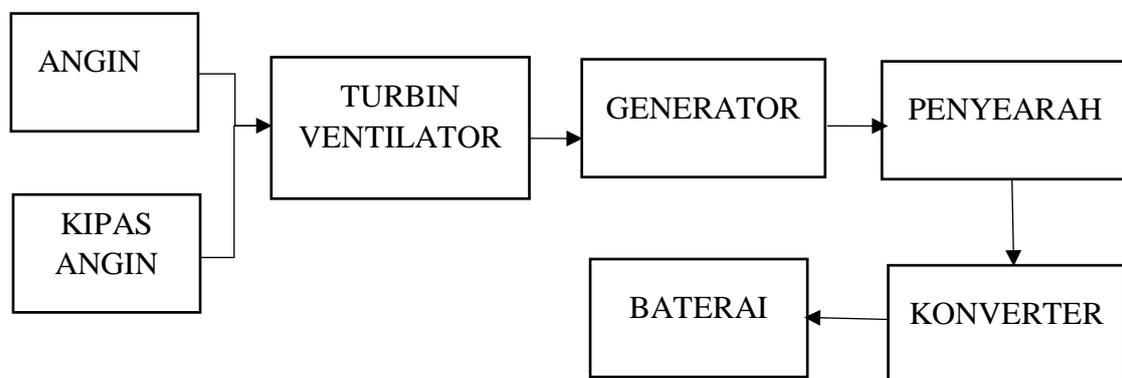
3.5 Foto Graf dan Diagram Blok Sistem

Adapun Gambar sketsa dan diagram blok sistem ini merupakan cara kerja alat seperti Gambar 3.2 (a), dan 3.2 (b) :



Gambar 3.2 (a) sketsa sistem kerja alat

Adapun Gambar 3.1 (a) sketsa sistem kerja alat dapat dijelaskan pada Gambar 3.1 (b) diagram blok sistem ini merupakan cara kerja alat .

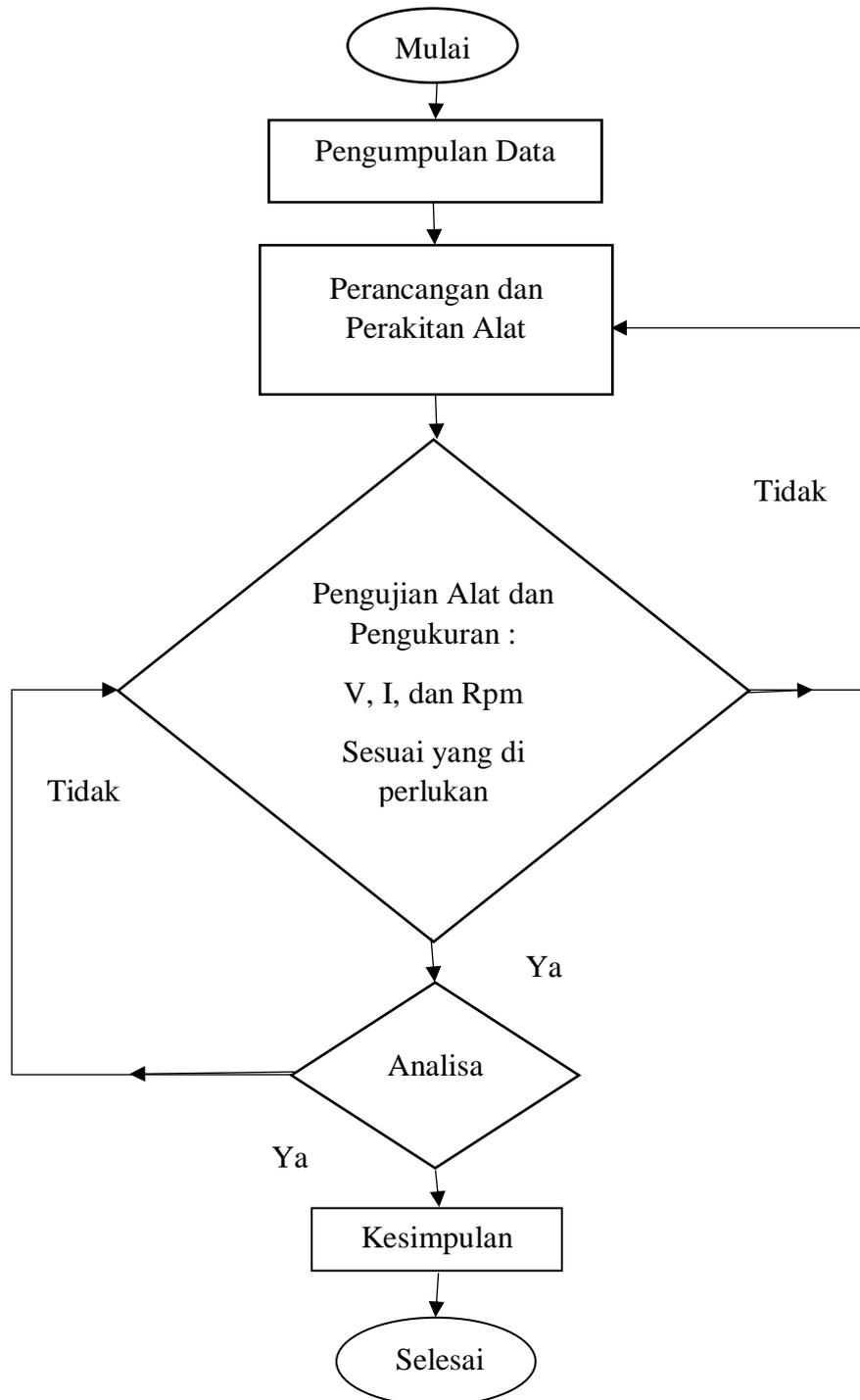


Gambar 3.1 (b) Diagram Blok Sistem

Secara garis besar, hembusan angin menghantam sudu guna menggerakkan turbin dan kemudian turbin menggerakkan generator untuk kemudian dikonversikan menjadi energi listrik, kemudian energi yang dihasilkan akan diproses dalam rangkaian regulator untuk kemudian disimpan pada sebuah baterai.

3.6 Diagram Alir Penelitian (flowchart)

Ada pun diagram alir (*flowchart* diagram) untuk mempermudah memahami perancangan ini dijelaskan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.3 Diagram alir penelitian.

Diagram alir merupakan prosedur kerja yang akan dilakukan. Pembuatan diagram alir sangat penting dilakukan sebelum melakukan suatu pengujian maupun analisis data. Diagram alir bertujuan untuk memudahkan dalam melakukan proses tersebut. Pada Gambar 3.2 diagram alir prosedur kerja dimulai dari proses pengambilan data secara langsung serta menganalisa data untuk menghasilkan suatu *output* tertentu.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil penelitian

Dalam bab ini akan dibahas tentang hasil pengamatan secara keseluruhan dari penelitian ini ditampilkan dalam bentuk tabel data dan grafik. Data yang ditampilkan adalah nilai dari 3 jarak pengamatan yaitu 5, 15, dan 25 cm. Pengujian dilakukan pada kecepatan kipas angin no 1, 2, dan 3. Dari data tersebut dibuat grafik hubungan yang terdapat pada data terhadap kecepatan pengamatan.

4.2. Pembahasan

Hasil pengamatan secara keseluruhan dari penelitian ini ditampilkan dalam bentuk tabel data dan grafik. Data yang ditampilkan adalah nilai dari perbedaan kecepatan kipas angin, kemudian dari data tersebut dibuat grafik hubungan yang terdapat pada data terhadap jarak pengamatan. Data-data tersebut terdapat pada Tabel 4.1 s/d 4.4 dan Gambar Grafik 4.1 s/d 4.8 sebagai berikut:

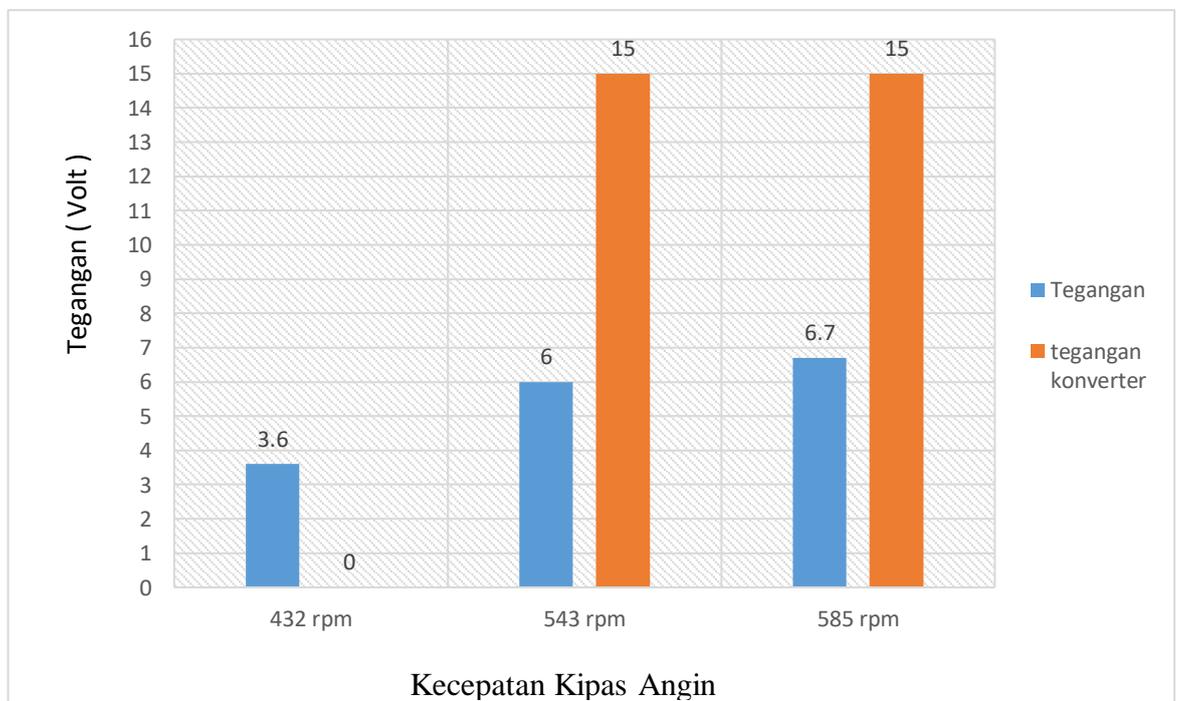
4.2.1 Hasil Pengukuran Pada Jarak 5 cm

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui nilai dari tegangan, arus, dan putaran turbin yang didapat pada jarak 5 cm. Pada pengujian jarak 5 cm hasil di tujukan pada Tabel 4.1 :

Tabel 4.1 Data pengamatan pada jarak 5 cm

NO	Kecepatan kipas angin (rpm)	Tegangan		Arus (A)	Putaran turbin (rpm)
		Generator	Converter		
1	432	3,6	0	0,05	59
2	543	6,0	15	0,13	92
3	585	6,7	15	0,13	102

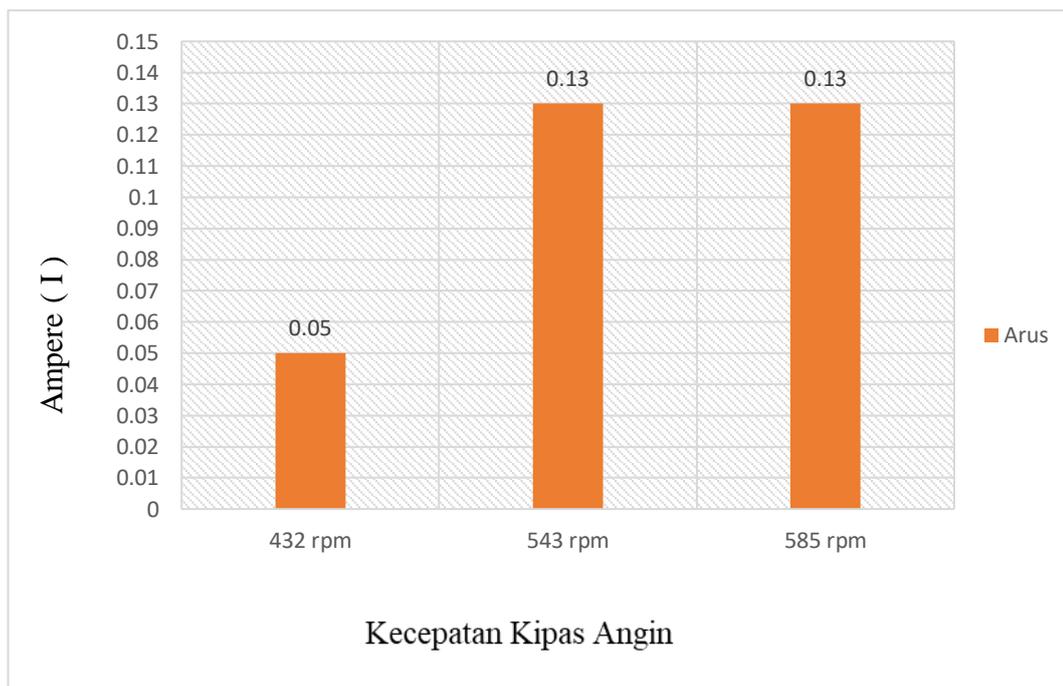
Dari data Tabel 4.1 hubungan antara nilai tegangan terhadap kecepatan kipas angin pada jarak 5 cm dapat dilihat pada Gambar Grafik 4.1:



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara nilai tegangan terhadap kecepatan kipas angin pada jarak 5 cm.

Dari data Gambar 4.1 diatas kipas angin pada jarak 5 cm terhadap turbin dengan kecepatan kipas angin 432 rpm terhadap turbin menghasilkan tegangan 3,6 volt, maka tegangan output converter tidak aktif. Namun pada kecepatan kipas angin 543 rpm terhadap turbin menghasilkan tegangan 6,0 volt dan kecepatan 585 rpm menghasilkan tegangan 6,7 volt, jika tegangan output generator 6,0, dan 6,7 volt maka tegangan output converter akan aktif dan tegangan output converter senilai 15 volt. Sebab converter DC akan aktif apabila tegangan input 5 volt.

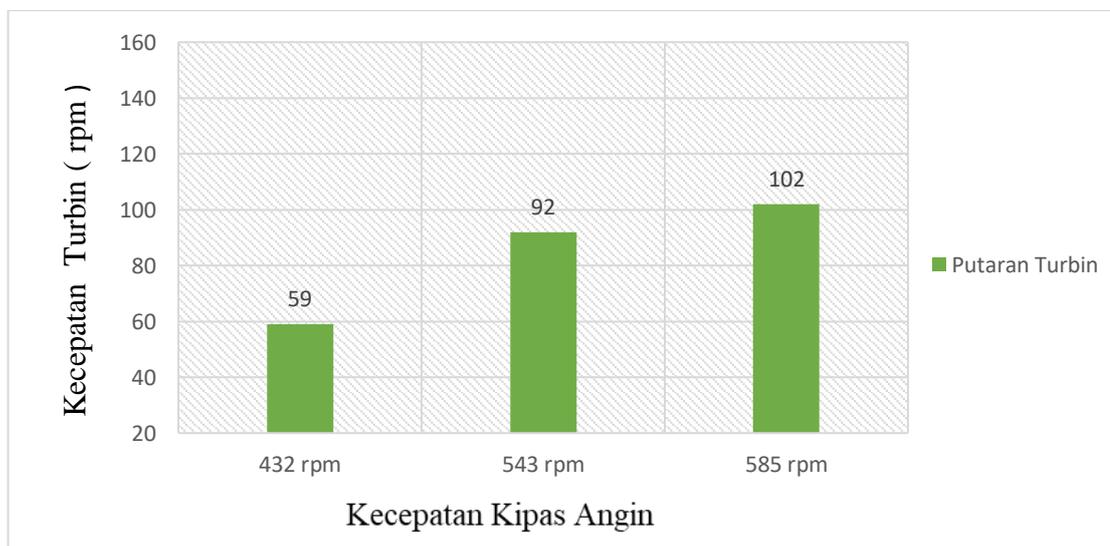
Dari data Tabel 4.1 hubungan antara nilai arus terhadap kecepatan kipas pada jarak 5 cm dapat dilihat pada Gambar Grafik 4.2:



Gambar4.2 Grafik hubungan antara nilai arus terhadap kecepatan kipas angin pada jarak 5 cm

Dari data Gambar 4.2 maka arus terkecil terdapat pada kecepatan 432 rpm yaitu sebesar 0,05 A sedangkan arus yang terbesar terdapat pada kecepatan 543 dan 585 rpm yaitu sebesar 0,13. Semakin besar kecepatan putaran maka semakin besar pula arusnya.

Dari data Tabel 4.1 hubungan antara putaran turbin terhadap kecepatan kipas angin jarak 5 cm dapat dilihat pada Gambar Grafik 4.3:



Gambar 4.3 Grafik hubungan antara putaran turbin terhadap kecepatan kipas pada jarak 5 cm.

Dari data gambar Grafik 4.3 diatas maka putaran turbin terkecil terdapat pada kecepatan kipas angin 432 rpm menghasilkan putaran turbin yaitu sebesar 59 rpm, sedangkan putaran turbin terbesar terdapat pada kecepatan kipas angin 585 rpm menghasilkan putaran turbin 102 rpm. Semakin besar putaran kipas angin terhadap turbin, maka putaran turbin semakin besar.

Pada data Tabel 4.1 dan Grafik 4.1, 4.2, dan 4.3 diatas maka tegangan terkecil terdapat pada kecepatan 432 rpm yaitu sebesar 3,6 V, arus terkecil

terdapat pada kecepatan 432 rpm yaitu sebesar 0,05 A,. Sedangkan tegangan terbesar terdapat pada kecepatan 585 rpm yaitu sebesar 6,7 V, arus terbesar terdapat pada kecepatan 543, dan 585 rpm yaitu sebesar 0,13 A. Semakin dekat jarak kecepatan kipas angin, maka putaran turbin akan semakin besar.

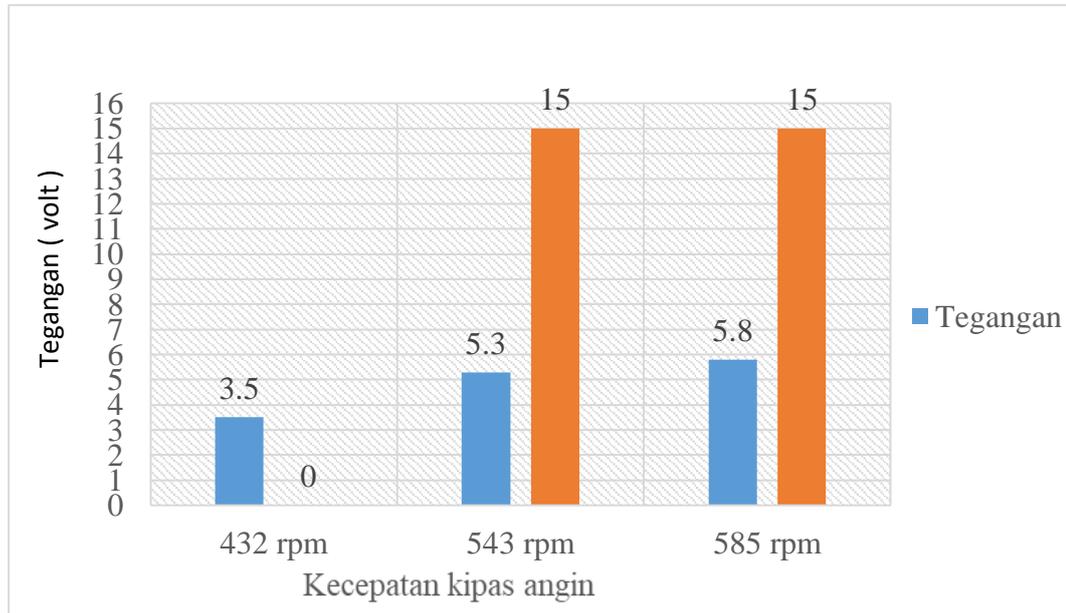
4.2.2 Hasil Pengukuran Pada jarak 15 cm

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui nilai dari tegangan, arus, dan putaran turbin yang didapat pada jarak 15 cm. Pada pengujian jarak 15 cm hasil di tujukan pada Tabel 4.2 :

Tabel 4.2 Data pengamatan pada jarak 15 cm.

NO	Kecepatan kipas angin (rpm)	Tegangan		Arus (A)	Putaran turbin (rpm)
		Generator	Converter		
1	432	3,5	0	0,06	55
2	543	5,3	15	0,03	73
3	585	5,8	15	0,00	83

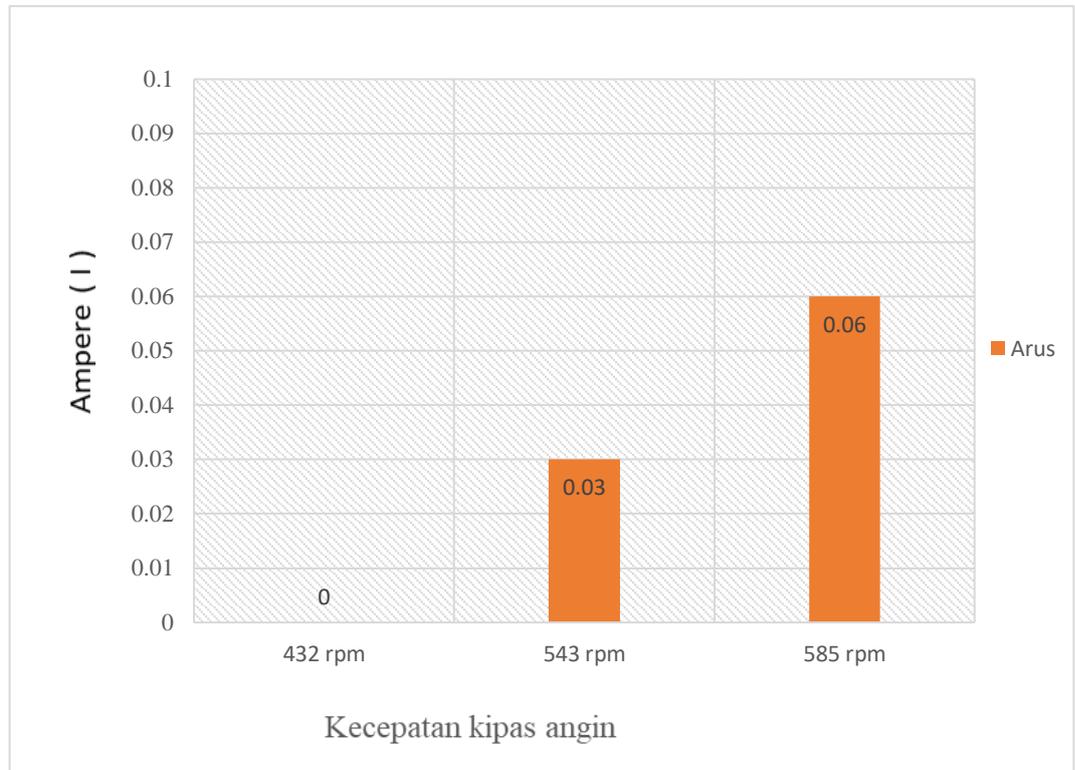
Dari data Tabel 4.2 hubungan antara nilai tegangan terhadap kecepatan kipas angin pada jarak 15 dapat dilihat pada Gambar Grafik 4.4 :



Gambar 4.4 Grafik hubungan antara nilai tegangan terhadap kecepatan kipas angin pada jarak 15 cm.

Dari Gambar 4.4 Grafik diatas kipas angin pada jarak 15 cm terhadap turbin dengan kecepatan kipas angin 432 rpm terhadap turbin menghasilkan tegangan 3,5 volt, maka tegangan output converter tidak aktif. Namun pada kecepatan kipas angin 543 rpm menghasilkan tegangan 5,3 volt, dan kecepatan kipas angin 585 rpm terhadap turbin menghasilkan tegangan 5,8 volt, jika tegangan output generator 5,3, dan 5,8 volt maka tegangan output converter akan aktif dan tegangan output converter senilai 15 volt. Sebab converter DC akan aktif apabila tegangan input 5 volt.

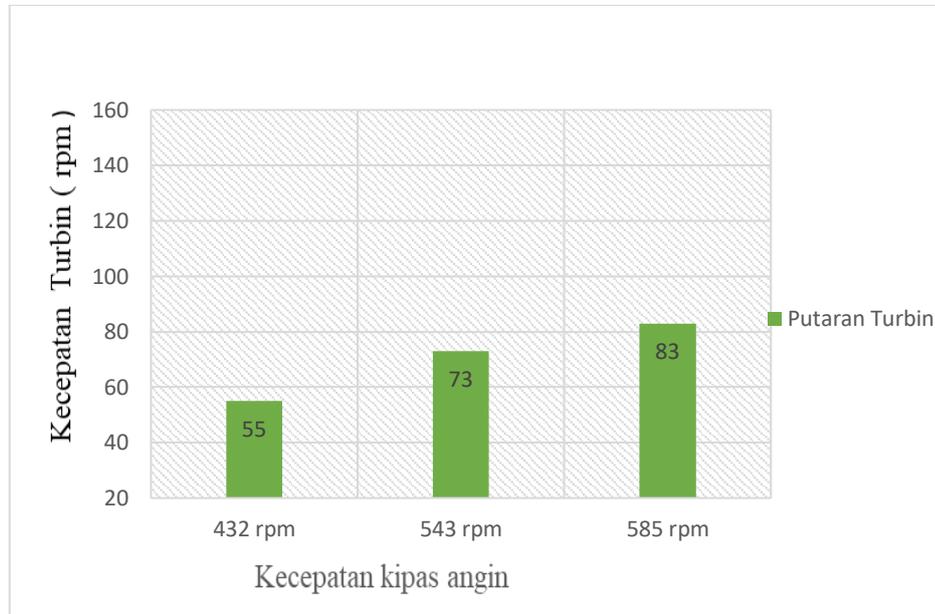
Dari data Tabel 4.2 hubungan antara nilai arus terhadap kecepatan kipas angin pada jarak 15 dapat dilihat pada Gambar Grafik 4.5:



Gambar 4.5 Grafik hubungan antara nilai arus terhadap kecepatan kipas angin pada jarak 15 cm .

Dari data Gambar Grafik 4.5 maka arus terkecil terdapat pada kecepatan 432 rpm yaitu sebesar 0,00 A sedangkan arus yang terbesar terdapat pada kecepatan 585 rpm yaitu sebesar 0,06 A. Semakin besar kecepatan putaran maka semakin kecil pula arusnya.

Dari data Tabel 4.2 hubungan antara putaran turbin terhadap kecepatan kipas angin pada jarak 15 cm dapat dilihat pada Gambar Grafik 4.6 :



Gambar 4.6 Grafik hubungan antara nilai putaran terhadap kecepatan kipas angin pada jarak 15 cm.

Dari data Gambar Grafik 4.6 diatas maka putaran turbin terkecil terdapat pada kecepatan kipas angin 432 rpm menghasilkan putaran turbin yaitu sebesar 55 rpm, sedangkan putaran turbin terbesar terdapat pada kecepatan kipas angin 585 rpm menghasilkan putaran turbin 83 rpm. Semakin besar putaran kipas angin terhadap turbin, maka putaran turbin semakin besar.

Pada data Tabel 4.2 dan Grafik 4.4, 4.5, dan 4.6 diatas maka tegangan terkecil terdapat pada kecepatan 432 rpm yaitu sebesar 3,5 V, arus terkecil terdapat pada kecepatan 432 rpm yaitu sebesar 0,00 A,. Sedangkan tegangan terbesar terdapat pada kecepatan 585 rpm yaitu sebesar 5,8 V, arus terbesar

terdapat pada kecepatan 585 rpm yaitu sebesar 0,06 A. Semakin dekat jarak kecepatan kipas angin, maka putaran turbin akan semakin besar.

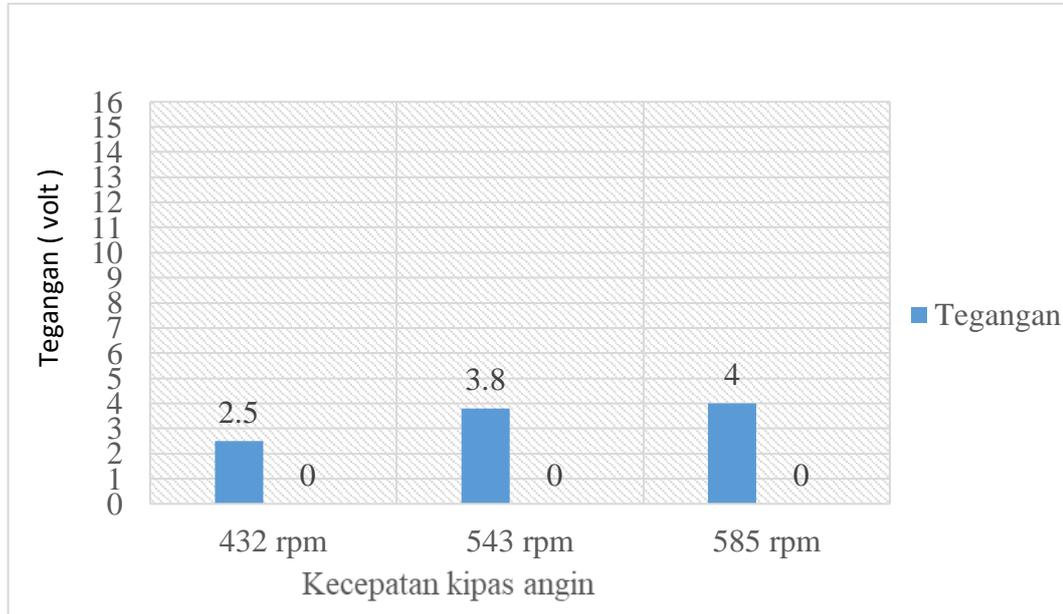
4.2.3 Hasil Pengukuran Pada jarak 25 cm

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui nilai dari tegangan, arus, dan putaran turbin yang didapat pada jarak 25 cm. Pada pengujian jarak 25 cm hasil di tujukan pada Tabel 4.3 :

Tabel 4.3 Data pengamatan pada jarak 25 cm.

NO	Kecepatan kipas angin (rpm)	Tegangan		Arus (A)	Putaran turbin (rpm)
		Generator	Converter		
1	432	2,2	0	0,07	43
2	543	3,8	0	0,09	61
3	585	4,0	0	0,11	65

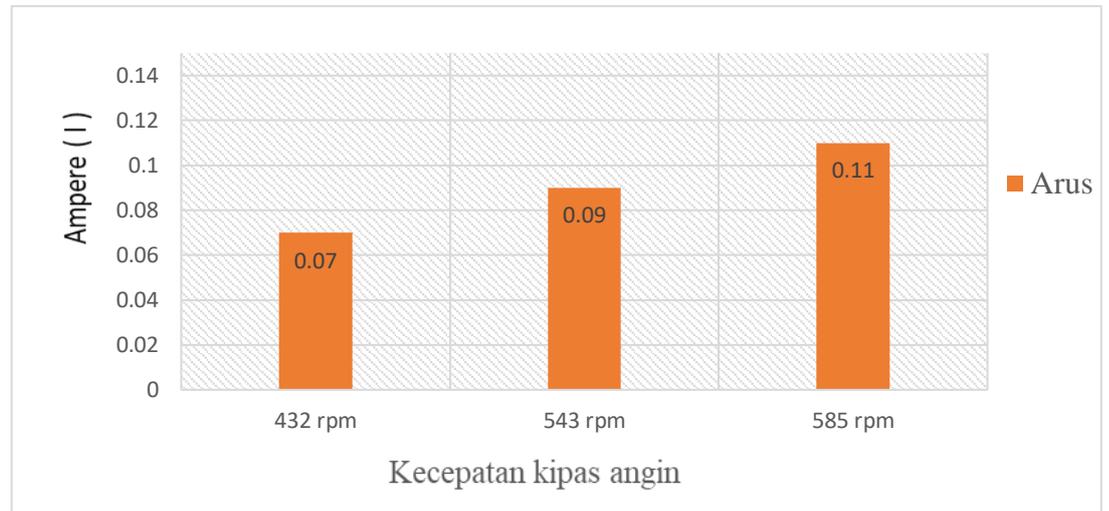
Dari data Tabel 4.3 hubungan antara nilai tegangan terhadap kecepatan kipas angin pada jarak 25 dapat dilihat pada Gambar Grafik 4.7 :



Grafik 4.7 Grafik hubungan antara nilai tegangan terhadap kecepatan kipas angin pada jarak 25 cm.

Dari gambar Grafik 4.7 diatas kipas angin pada jarak 25 cm terhadap turbin dengan kecepatan kipas angin 432 rpm terhadap turbin menghasilkan tegangan 2,5 volt, kecepatan kipas angin 543 rpm terhadap turbin menghasilkan tegangan 3,8 volt, dan kecepatan kipas angin 585 rpm terhadap turbin menghasilkan tegangan 4 volt maka tegangan output converter tidak aktif.. Sebab converter DC akan aktif apabila tegangan input 5 volt.

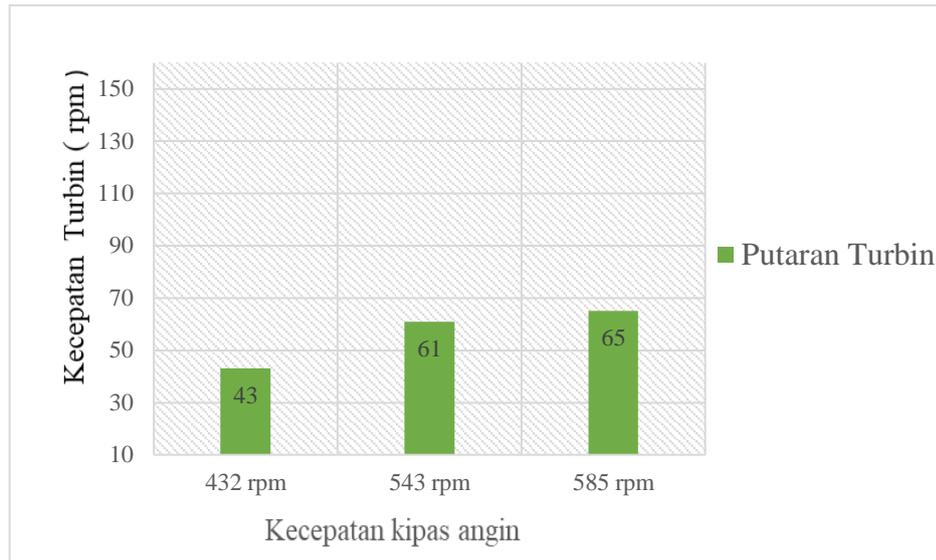
Dari data Tabel 4.3 hubungan antara nilai arus terhadap kecepatan kipas angin pada jarak 25 dapat dilihat pada Gambar Grafik 4.8 :



Gambar 4.8 Grafik hubungan antara nilai arus terhadap kecepatan kipas angin pada jarak 25 cm .

Dari data gambar Grafik 4.5 maka arus terkecil terdapat pada kecepatan 432 rpm yaitu sebesar 0,07 A sedangkan arus yang terbesar terdapat pada kecepatan 585 rpm yaitu sebesar 0,11. Semakin besar kecepatan putaran maka semakin besar pula arus nya.

Dari data Tabel 4.3 hubungan antara putaran turbin terhadap kecepatan kipas angin pada jarak 25 cm dapat dilihat pada gambar Grafik 4.9 :



Gambar 4.9 Grafik hubungan antara nilai putaran terhadap kecepatan kipas angin pada jarak 25 cm.

Dari data Gambar Grafik 4.6 diatas maka putaran turbin terkecil terdapat pada kecepatan kipas angin 432 rpm menghasilkan putaran turbin yaitu sebesar 43 rpm, sedangkan putaran turbin terbesar terdapat pada kecepatan kipas angin 585 rpm menghasilkan putaran turbin 65 rpm. Semakin besar putaran kipas angin terhadap turbin, maka putaran turbin semakin besar.

Pada data Tabel 4.3 dan Grafik 4.4, 4.5, dan 4.6 diatas maka tegangan terkecil terdapat pada kecepatan 432 rpm yaitu sebesar 2,5 V, arus terkecil terdapat pada kecepatan 432 rpm yaitu sebesar 0,07 A,. Sedangkan tegangan terbesar terdapat pada kecepatan 585 rpm yaitu sebesar 4 V, arus terbesar terdapat pada kecepatan 585 rpm yaitu sebesar 0,11 A. Semakin dekat jarak kecepatan kipas angin, maka putaran turbin akan semakin besar.

4.3 Hasil Perbandingan Antara Jarak

Dari data yang telah diteliti, hasil perbandingan dapat ditunjukkan pada

Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data Perbandingan jarak kipas angin terhadap turbin ventilator.

NO	Jarak (cm)	Kecepatan kipas angin (rpm)	Tegangan		Arus (A)	Putaran turbin (rpm)
			Generator	Converter		
1	5	432	3,6	0	0,05	59
		543	6,0	15	0,13	92
		585	6,7	15	0,13	102
2	15	432	3,5	0	0,06	55
		543	5,3	15	0,03	73
		585	5,8	15	0,00	83
3	25	432	2,2	0	0,07	43
		543	3,8	0	0,09	61
		585	4,0	0	0,11	65

Dari data Tabel 4.4 pada penempatan kipas angin di tentukan melalui perbandingan jarak masing-masing posisi. Letak jarak paling optimal didapat pada jarak 5 cm dengan kecepatan kipas angin maksimal yaitu sebesar 585 rpm menghasilkan putaran turbin ventilator sebesar 102 rpm, dengan tegangan sebesar 6,7 V , dan arus sebesar 0,13 A. Semakin dekat jarak kipas angin, maka putaran

turbin semakin besar yang dihasilkan, sehingga nilai keluaran turbin lebih optimal.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari perancangan pembangkit listrik tenaga angin menggunakan turbin ventilator serta melakukan penelitian dan pengujian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Rancang bangun turbin ventilator sebagai pembangkit listrik dapat direalisasikan walaupun putaran dari turbin ventilator rendah. Turbin ventilator dapat menghasilkan listrik dengan cara memasang generator.
2. Dari hasil analisa perbedaan jarak yang dilakukan yaitu 5, 15, dan 25 cm tegangan terendah yang dihasilkan adalah 2,5 Volt yaitu pada kecepatan 432 rpm di jarak 25 cm, dan tegangan tertinggi yang dihasilkan adalah 6,7 Volt yaitu pada kecepatan 585 rpm di jarak 5 cm. Semakin dekat jarak kipas angin, maka putaran turbin semakin besar. Dengan bertambah besarnya kecepatan turbin maka akan semakin besar pula tegangan yang dihasilkan generator.
3. Dari hasil analisa perbedaan jarak yang dilakukan yaitu 5, 15, dan 25 cm Arus terendah yang dihasilkan adalah 0,00 A yaitu pada kecepatan 432 rpm di jarak 15 cm, dan arus tertinggi yang dihasilkan adalah 0,13 A yaitu pada kecepatan 585 rpm di jarak 5 cm.
4. Kipas angin pada jarak 5 cm terhadap turbin dengan kecepatan kipas angin 432 rpm terhadap turbin menghasilkan tegangan 3,6 volt, maka tegangan output converter tidak aktif. Namun pada kecepatan kipas angin 543 rpm

terhadap turbin menghasilkan tegangan 6,0 volt dan kecepatan 585 rpm menghasilkan tegangan 6,7 volt, jika tegangan output generator 6,0, dan 6,7 volt maka tegangan output converter akan aktif dan tegangan output converter senilai 15 volt. Sebab converter DC akan aktif apabila tegangan input 5 volt.

5.2 Saran

Beberapa saran untuk pengembangan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Pengembangan alat ini masih sangat memungkinkan dan dapat disempurnakan dengan adanya peningkatan jenis generator dengan putaran rendah *output* yang tinggi.
2. Mendesain mekanik turbin seringan mungkin supaya ketika tertiuip angin dengan kecepatan rendah turbin langsung dapat berputar.
3. Untuk kedepannya dapat menambahkan metode-metode yang terbaru.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. I. Nakhoda and C. Saleh, "Pembangkit Listrik Tenaga Angin Sumbu Vertikal Untuk Penerangan Rumah Tangga Di Daerah Pesisir Pantai," *Ind. Inov. Prodi Tek. Elektro, Fak. Teknol. Ind. Inst. Teknol. Nas. Malang*, vol. 7, no. 1, pp. 20–28, 2017.
- [2] T. Akhir and A. Nugraheni, "Perancangan pembangkit listrik tenaga angin skala kecil di gedung bertingkat," *Tugas Akhir, Fakultas Tek. Jur. Tek. ELEKTRO Univ. Muhammadiyah Surakarta*, pp. 1–6, 2010.
- [3] D. S. Prayoga, M. S. S, M. Sc, and I. Hidayat, "Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Vertical-Axis Wind Turbine Design and Implementation of Wind Power Plant Using Vertical-Axis Wind Turbine," *ISSN 2355-9365 e-Proceeding Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 124–128, 2016.
- [4] R. Hilmansyah¹, Risty Jayanti Yuniar², "Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Kendali Pi," *J. SAINS Terap. NO.1*, vol. 3, no. 1, pp. 1–5, 2017.
- [5] A. N. Hatuwe, "Studi Eksperimen Pengaruh Penggunaan Blade System Buka Tutup Arah Horyzontal Terhadap Kinerja Kincir Angin Poros Vertikal," *J. Simetrik*, p-ISSN 2302-9579/e-ISSN 2581-2866, vol. 7, no. 2, pp. 23–30, 2017.
- [6] M. N. Habibie, A. Sasmito, and R. Kurniawan, "Kajian Potensi Energi Angin Di Wilayah Sulawesi Dan Maluku," *Kaji. Potensi Energi Angin Di Wil. Sulawesi, Jakarta, Puslitbang BMKG*, no. 2, pp. 181–187, 2011.
- [7] J. T. Elektro, F. Teknik, and U. M. Surakarta, "Perancangan Kincir Angin Tipe Axial," *Tugas Akhir, Jur. Tek. Elektro Fak. Tek. Univ. Muhammadiyah Surakarta*, 2012.
- [8] M. D. Syaifullah, "Analisis Kondisi Udara Atas Wilayah Indonesia," *J. Meteorol. Dan Geofis. VOL.*, vol. 18, no. 1, pp. 1–12, 2017.
- [9] M. L. DEWI, "Analisis Kinerja Turbin Angin Poros Vertikal Dengan Modifikasi Rotor Savonius L Untuk Optimasi Kinerja Turbin," *Tugas Akhir, Mat. Fak. Ilmu, Dan Alam, Pengetah. Maret, Univ. Sebel.*, 2010.
- [10] R. Sumiati, "Rancang bangun miniatur turbin angin pembangkit listrik untuk media pembelajaran," *J. Tek. Mesin, Staf pengajar Jur. Tek. Mesin Politek. Negeri Padang*, vol. 3, no. 2, pp. 1–8, 2013.
- [11] F. Kurniadi, "Pembuatan turbin ventilator," *TA*, 2016.
- [12] S. Bahari, "Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Angin Di Desa Sungai Nibung Kecamatan Teluk Pakedai Kabupaten Kubu Raya," *Tugas Akhir, Jur. Tek. Elektro, Fak. Tek. Univ. Tanjungpura.*, 2015.
- [13] W. H. Antonov Bachtiar*, "Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga

Angin PT. Lentera Angin Nusantara (LAN) Ciheras,” 35 *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 7, no. 1, pp. 35–45, 2018.

- [14] S. Kusuma A.1), “Analisis Generator 3 Fasa Tipe Magnet Permanen Dengan Penggerak Mula Turbin Angin Propeller 3 Blade Untuk Pltb,” *Eksergi J. Tek. Energi*, no. 1, pp. 12–17, 2015.
- [15] W. Sunarlik, “Prinsip kerja generator sinkron *,” *Tugas Akhir*.

LAMPIRAN



PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN MENGGUNAKAN TURBIN VENTILATOR SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF

Seftyan Harry Wahyuda Tama¹⁾, Surya Hardi²⁾, Zulfikar³⁾

¹⁾Mahasiswa Program Sarjana Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

^{2,3)} Pengajar dan Pembimbing Program Sarjana Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

ABSTRAK - Energi angin merupakan salah satu pemanfaatan energi terbarukan yang memiliki potensi sangat besar untuk dikembangkan. Energi angin merupakan energi yang bersih tanpa mencemari lingkungan. Potensi energi angin di Indonesia sangatlah besar, namun masih kurang di manfaatkan. Memanfaatkan energi angin menjadi energi listrik bersekala kecil dapat dikembangkan dengan menggunakan turbin ventilator dan generator yang bersekala kecil pula. Namun didaerah medan kondisi angin tidak stabil maka di perlukan alternatif lain yaitu kipas angin untuk memutarakan turbin ventilator agar putarannya setabil. Dengan penggerakkan dorongan kipas angin, energi angin yang tersedia dapat dimanfaatkan agar menjadi energi listrik. Memanfaatkan energi angin yang bersekala kecil agar menjadi energi listrik, dapat dirancang pembangkit listrik tenaga angin menggunakan turbin ventilator sebagai energi alternatif dengan menggunakan turbin ventilator sebagai media perubahan energi angin menjadi energi gerak, dimana penggerakan turbin ventilator di teruskan ke *gearbox* generator, generator ini lah yang menghasilkan energi listrik. Penelitian ini mengukur seberapa besar energi listrik yang di hasilkan pada perbedaan kecepatan antara 432, 543, dan 585 rpm pada perbedaan jarak antara 5, 15, 25 cm. Dari pengukuran yang dilakukan pada kecepatan 432 rpm tegangan yang dihasilkan sebesar 2,5 V adalah tegangan terendah pada jarak 25 cm, dan pada kecepatan 585 rpm tegangan yang dihasilkan sebesar 6,7 V adalah tegangan puncak pada jarak 5cm. Setiap kecepatan kipas angin memiliki putaran turbin yang berbeda-beda, semakin tinggi kecepatan kipas angin atau dorongan angin maka semakin besar putaran turbin.

Kata Kunci : Energi Angin, Turbin Ventilator, Pembangkit listrik, Generator

I. PENDAHULUAN

1.7. Latar Belakang

Perkembangan energi angin di Indonesia untuk saat ini masih tergolong rendah namun punya potensi yang sangat besar. Salah satu penyebabnya adalah karena kecepatan angin rata-rata di wilayah Indonesia tergolong kecepatan angin rendah, yaitu berkisar antara 3 m/s hingga 5 m/s sehingga sulit untuk menghasilkan energi listrik dalam skala besar [1]. Meskipun demikian, potensi anginnya tersedia hampir sepanjang tahun, sehingga memungkinkan dikembangkan sistem pembangkit listrik skala kecil. Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan melakukan kajian teknis terhadap mesin konversi energi dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan secara optimal dalam menghasilkan energi listrik. Inovasi dalam memodifikasi kincir angin perlu dikembangkan agar dalam kondisi kecepatan

angin yang rendah dapat memberikan hasil yang maksimal.

Teknologi pengembangan kincir angin terus dikembangkan agar dapat dimanfaatkan dalam kondisi kecepatan angin yang berubah-ubah. Untuk itu, maka akan diterapkan pembangkit listrik tenaga angin menggunakan sumbu vertikal untuk penerangan rumah tangga skala kecil di pesisir pantai Bajul Mati Desa Gagahrejo Kecamatan Gedangan Kabupaten Malang dengan harapan dapat bermanfaat untuk masyarakat yang bermukim di daerah pesisir pantai yang belum teraliri listrik dari PLN [1].

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat itulah, maka diperlukan waktu yang tidak sedikit untuk membangun suatu pembangkit tenaga listrik. Para perencana sistem juga harus dapat melihat kemungkinan-kemungkinan perkembangan sistem tenaga listrik di tahun-tahun yang akan datang. Maka dari itu diperlukan

pengembangan industri listrik yang meliputi perencanaan pembangkitan, sistem kontrol dan proteksi, serta sistem transmisi dan distribusi listrik yang akan disalurkan hingga sampai pada konsumen. Pembangunan pembangkit skala besar sering terkendala besarnya investasi dan jangka waktu pembangunan yang lama pada pusat-pusat tenaga listrik dibandingkan pembangunan industri yang lain maka perlu diusahakan agar dapat memenuhi kebutuhan tenaga listrik tepat pada waktunya. Dengan kata lain pembangunan bidang kelistrikan harus dapat mengimbangi kebutuhan tenaga listrik yang akan terus meningkat tiap tahunnya. Pembangkit listrik yang dimiliki oleh PLN secara umum menggunakan energi yang termasuk tidak terbaharui, contoh : batubara, BBM. Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang terus meningkat itulah, diperlukan pembangkit tenaga listrik dengan memanfaatkan sumber daya alam yang ada (energi terbarukan). PLTMh (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro) dan PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) adalah pembangkit tenaga listrik dengan sumber energi terbarukan. Hal ini dilihat dari segi ekonomis dan keamanan. Karena dewasa ini cadangan energi fosil semakin berkurang sedangkan kebutuhan konsumsi bahan bakar minyak terus meningkat, hal ini berdampak pada krisis energi [2].

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pembangkit tenaga listrik

Pengertian pembangkit listrik secara umum adalah bagian alat industri yang dipakai untuk memproduksi dan membangkitkan tenaga listrik dari berbagai sumber tenaga, seperti PLTU, PLTN, PLTA, PLTS, dan lain-lainnya. Energi 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 [3].

Sumber energi terbagi menjadi dua yakni sumber energi terbarukan dan sumber energi tidak terbarukan. Kebutuhan energi yang semakin meningkat tidak sebanding dengan pasokan sumber energi tidak terbarukan yang ada (bahan bakar fosil). Salah satu

alternatif untuk mengatasi krisis energi tersebut adalah dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan, salah satunya dengan tenaga angin. Di Indonesia pembangkit listrik tenaga angin banyak dimanfaatkan di bidang perikanan dan pertanian. Tenaga angin dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin sehingga energi listrik yang timbul dapat membuat pompa mengaliri tambak maupun sawah petani dan dapat menhidupkan lampu di area tambak maupun sawah [4].

Bagian utama dari pembangkit listrik ini adalah generator, yakni mesin berputar yang merubah energi mekanis menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip medan magnet dan penghantar listrik. Mesin generator ini di aktifkan dengan menggunakan berbagai sumber energi yang sangat bermanfaat dalam suatu pembangkit listrik [4].

2.2. Energi Angin

Angin adalah udara yang bergerak karena adanya perbedaan tekanan di permukaan bumi ini. Angin akan bergerak dari suatu daerah yang memiliki tekanan tinggi ke daerah yang memiliki tekanan yang lebih rendah. Angin yang bertiup di permukaan bumi ini terjadi akibat adanya perbedaan penerimaan radiasi surya, sehingga mengakibatkan perbedaan suhu udara. Adanya perbedaan suhu tersebut menyebabkan perbedaan tekanan, akhirnya menimbulkan gerakan udara. Perubahan panas antara siang dan malam merupakan gaya gerak utama sistem angin harian, karena beda panas yang kuat antara udara di atas darat dan laut atau antara udara diatas tanah tinggi (pegunungan) dan tanah rendah (lembah) [6].

Energi angin adalah energi yang relatif bersih dan ramah lingkungan karena tidak menghasilkan karbon dioksida CO₂ atau gas-gas lain yang berbahaya dalam pemanasan global, sulphur dioksida dan nitrogen oksida (jenis gas yang menyebabkan hujan asam). Energi ini pun tidak menghasilkan limbah yang berbahaya bagi lingkungan ataupun manusia. Dengan demikian, harap diingat bahwa sekecil apapun semua bentuk produksi energi selalu memiliki akibat bagi lingkungan. Hanya saja efek turbin angin sangat rendah, bersifat lokal dan mudah dikelola [7].

Proses pemanfaatan energi angin dilakukan melalui dua tahapan konversi energi, pertama aliran angin akan menggerakkan rotor (baling- baling) yang menyebabkan rotor berputar selaras dengan angin yang bertiup, kemudian putaran dari rotor dihubungkan dengan generator, dari generator inilah dihasilkan arus listrik [6].

Listrik yang dihasilkan dari Sistem Konversi Energi Angin akan bekerja optimal pada siang hari dimana angin berhembus cukup kencang dibandingkan dengan pada malam hari, sedangkan penggunaan listrik biasanya akan meningkat pada malam hari. Untuk mengantisipasi sistem ini sebaiknya tidak langsung digunakan untuk keperluan produk-produk elektronik, namun terlebih dahulu disimpan dalam satu media seperti baterai atau aki sehingga listrik yang keluar besarnya stabil dan bisa digunakan kapan saja [6].

Pemanfaatan energi angin selain dapat mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil, diharapkan juga dapat meningkatkan produktifitas masyarakat pertanian. Walaupun pemanfaatan energi angin dapat dilakukan dimana saja, daerah-daerah yang memiliki potensi energi angin ini lebih kompetitif dibandingkan dengan energi alternatif lainnya. Ada beberapa informasi penting telah didapatkan, yaitu tentang profil suhu dan penurunan suhu (lapse rate), lapisan tropopause, profil komponen angin zonal, dan beberapa nilai indeks radiosonde. Lapse rate rerata dari permukaan sampai ketinggian lapisan tropopause adalah sekitar $-0.62 \text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{meter}$. Lapse rate rerata dari permukaan sampai paras freezing level sekitar $-0.55 \text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{meter}$. Untuk lapisan di atas freezing level mempunyai tingkat labilitas yang lebih tinggi dibandingkan pada lapisan di bawah freezing level. Lapisan tropopause secara rerata berada pada ketinggian 16.6 kilometer dengan suhu sekitar $-81 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Oleh karena itu studi potensi pemanfaatan energi angin ini sangat tepat dilakukan guna mengidentifikasi daerah-daerah berpotensi. Udara yang memiliki massa (m) dan kecepatan (v) akan menghasilkan energi kinetik sebesar[8]:

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

Dimana:

E = energi kinetik (joule)

m = massa udara (kg)

v = kecepatan angin (m/s)

Rumus di atas juga berlaku untuk angin yang merupakan udara yang bergerak. Jika suatu "blok" udara memiliki penampang A dan bergerak dengan kecepatan v , maka jumlah massa yang melewati suatu tempat dapat dilihat pada rumus berikut:

$$m = \rho \cdot A \cdot v \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana :

m = kelajuan aliran massa udara (kg/s)

ρ = kerapatan udara (kg/m³)

A = luas penampang (m²)

v = kecepatan angin (m/s)

Dengan luas penampang dapat di tentukan dengan persamaan berikut :

$$A = d \times h \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana :

d = diameter sudu (m)

h = tinggi sudu (m)

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

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana:

ρ = densitas udara ($\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$)

A = luas penampang turbin (m²)

v = kecepatan udara (m/s)

2.3. Pembangkit Listrik tenaga angin

Secara umum Pembangkit listrik tenaga angin adalah suatu pembangkit listrik yang menggunakan angin sebagai sumber energi untuk menghasilkan energi listrik. Pembangkit ini dapat mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin. Sistem pembangkitan listrik menggunakan angin sebagai sumber energi merupakan sistem alternatif yang sangat berkembang pesat, mengingat angin merupakan salah satu energi yang tidak terbatas di alam [10].

Jenis pembangkit listrik dengan memanfaatkan energi kinetik angin. Angin nanti nya akan menerpa permukaan bilah yang merupakan komponen dari pembangkit itu sendiri dan memutar bagian rotor

generator, putaran tersebut menghasilkan perubahan fluks magnetik pada stator dimana lilitan tembaga berada. Berdasarkan fenomena yang di temukan Michael Faraday dimana perubahan fluks magnetik terhadap lilitan tembaga, maka tegangan pun didapat dari energi kinetik dari angin menjadi energi listrik [3].

Pembangkit listrik tenaga angin mengkonversikan tenaga angin menjadi energy listrik dengan menggunakan kincir angin atau turbin angin. Cara kerjanya cukup sederhana yaitu putaran turbin yang disebabkan oleh angin diteruskan ke rotor generator dimana generator ini memiliki lilitan tembaga yang berfungsi sebagai stator sehingga terjadinya GGL (gaya gerak listrik). Listrik yang dihasilkan dapat disimpan ke batrai atau dimanfaatkan langsung ke beban seperti lampu [10].

2.4. Turbin Angin

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. Turbin angin terdahulu banyak dibangun di Denmark, Belanda, dan Negara-Negara Eropa lainnya dan lebih dikenal dengan Windmill [11].

Turbin angin merupakan sebuah alat yang digunakan dalam sistem konversi energi angin (SKEA). Turbin 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 atau menggerakkan pompa untuk pengairan seperti Gambar 2.1. [9].



Gambar 2.1 Turbin angin

Prinsip dasar kerja dari turbin angin adalah mengubah energi mekanis dari angin menjadi energi putar pada kincir, lalu putaran kincir digunakan untuk memutar generator, yang akhirnya akan menghasilkan listrik. Turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip *konversi* energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui yaitu angin. Walaupun sampai saat ini pembangunan turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik *konvensional* (Contoh: PLTD, PLTU), turbin angin masih lebih dikembangkan oleh para ilmuwan karena dalam waktu dekat manusia akan dihadapkan dengan masalah kekurangan sumber daya alam tak terbaharui (Contoh : batubara, minyak bumi) sebagai bahan dasar untuk membangkitkan listrik [11].

Kebanyakan turbin angin yang digunakan yaitu turbin angin horisontal yang bersudu tiga atau dua. Turbin angin yaitu kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Daya yang dihasilkan oleh turbin angin tergantung pada diameter dari sudu, semakin panjang diameter maka daya yang dihasilkan semakin besar. Namun sekarang ini turbin angin banyak digunakan untuk mengkomodasi listrik masyarakat, dengan menggunakan konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbarui yaitu angin. jenis jenis turbin dibagi menjadi dua yaitu turbin angin horisontal dan vertikal.

2.4.1. Tipe turbin angin

2.4.1.1 Turbin Angin Sumbu Horisontal

Turbin angin sumbu horizontal ialah jenis turbin angin yang paling banyak digunakan. Turbin ini terdiri dari sebuah menara yang di puncaknya terdapat sebuah baling-baling yang berfungsi sebagai rotor dan menghadap atau membelakangi arah angin. Kebanyakan turbin angin jenis ini mempunyai dua atau tiga bilah baling-baling walaupun ada juga turbin bilah balingnya kurang atau lebih daripada yang disebut di atas [1].

Ada beberapa tipe turbin angin sumbu horisontal, yaitu :

- a. Tipe *American Multiblade*
- b. Tipe *Dutch Four Aarm*
- c. Tipe *propeler*

2.4.1.2 Turbin angin sumbu vertikal

Turbin angin dengan sumbu vertikal bekerja dengan prinsip yang sama seperti halnya kelompok horisontal. Namun sudunya berputar dalam bidang yang paralel dengan tanah, seperti Mixer, Kocokan Telur, dan lain lain. Jika dikaitkan dengan sumber daya angin, turbin angin dengan jumlah sudu banyak lebih cocok digunakan pada daerah dengan potensi energi angin yang rendah karena kecepatan rotasi angin tercapai pada putaran rotor dan kecepatan angin yang tidak terlalu tinggi, Sedangkan turbin angin dengan sudu sedikit (untuk pembangkit listrik) tidak akan beroperasi secara efisien pada daerah dengan kecepatan rata-rata kurang dari 4 m/s. dengan demikian daerah dengan potensi energi angin rendah cocok untuk dikembangkan turbin angin keperluan mekanikal. Jenis turbin angin yang cocok untuk keperluan ini antara lain tipe *multi blade*, *Cretan sail* dan *savonius* [5]. Turbin sumbu vertikal dibagi menjadi dua jenis yaitu: Savonius dan Darrieus.

- a. Turbin Darrieus
- b. Turbin Angin Savonius

2.5 Turbin Ventilator

Turbin ventilator merupakan alat sirkulasi udara sejenis *exhaust fan* atau *roof fan* yang berfungsi sebagai penghisap udara panas dan debu dari dalam keluar ruangan. Perbedaannya jika kipas angin, *exhaust fan* dan sebagainya memerlukan tenaga listrik, sedangkan Turbine Ventilator hanya digerakkan dengan hembusan angin, tanpa konsumsi listrik dan dapat dilihat pada Gambar 2.8 [11].

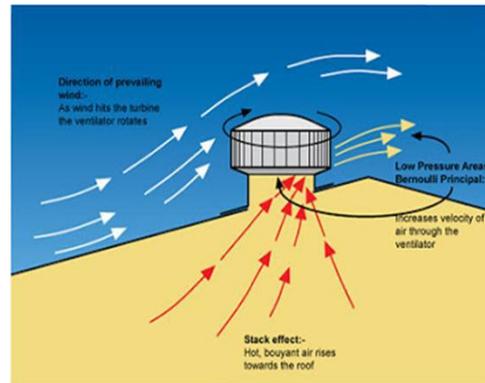


Gambar 2.8 Turbin Savonius

2.5.1 Prinsip Kerja Turbin Ventilator

Turbin Ventilator bisa berputar hanya dengan menggunakan tenaga angin yang lemah sekalipun akan tetapi juga mampu menahan angin berkecepatan tinggi.

Hembusan angin inilah yang akan mendorong sirip-sirip turbin supaya berputar sehingga udara dalam ruangan yang bertekanan lebih tinggi akan terbuang keluar. Dapat dilihat pada Gambar 2.9. Dengan memasang turbin ventilator maka secara alamiah udara panas di dalam ruangan akan mengalir naik dan menekan keluar melalui siripsirip turbin oleh udara yang lebih sejuk sehingga sirkulasi di dalam ruangan akan terjadi [11].



Gambar 2.9 Prinsip Kerja Turbin Ventilator

2.5.2 Pemanfaatan Turbin Ventilator

Salah satu aplikasi sistem konversi energi angin dipakai pada *turbine ventilator*. Pada dasarnya sebuah *turbine ventilator* berfungsi menyalurkan udara panas dari sebuah ruangan ke lingkungan sekitar. Konsep awalnya dibuat oleh **Meadows** pada tahun 1929, berupa *rotary ventilator*. Hingga usaha *komersialisasi* dilakukan oleh **Edmonds** pada tahun 1934. Sebuah *turbine ventilator* biasanya terdiri dari beberapa sudu vertikal yang tersusun pada *frame silinder* dan sebuah kubah digunakan sebagai penutup. Sebagai sistem *transmisi* digunakan poros dan bantalan yang dipasang pada saluran ventilasi utama. Ketika turbin tertiuip oleh angin, gaya angkat ke atas dan gaya hambat mengakibatkan *turbine ventilator berotasi*, perputaran ini akan mengakibatkan tekanan di bawah *turbine ventilator* menjadi rendah sehingga udara yang terperangkap dalam gedung akan mengalir keluar.

2.6 Generator

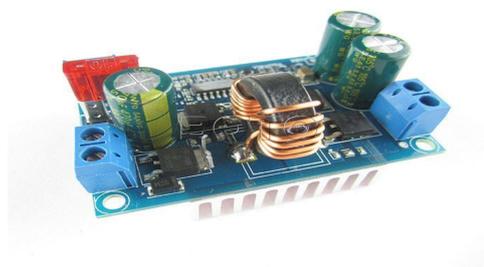
Generator adalah sebuah perangkat yang dapat menghasilkan sumber listrik dari

energi mekanik. Jadi generator listrik mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan dari generator ini dapat diperoleh karena memakai sistem induksi elektromagnetik. Generator sederhana atau generator listrik kecil biasa disebut dinamo. Walaupun struktur dan cara kerjanya hampir sama, generator berbeda dengan motor listrik, jika fungsi motor listrik adalah untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik dan menjadi energi-energi lainnya [3].

Generator merupakan sumber utama energi listrik yang dipakai sekarang ini dan merupakan *converter* terbesar di dunia. Pada prinsipnya tegangan yang dihasilkan bersifat bolak balik, sedangkan generator yang menghasilkan tegangan searah karena telah mengalami proses penyearahan [1].

2.7. Regulator

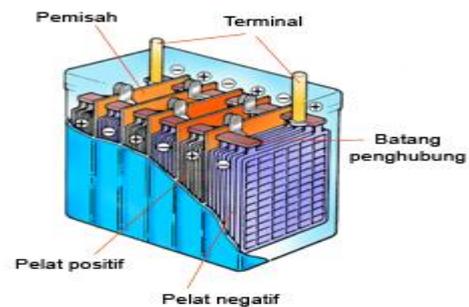
Pengatur tegangan (*Regulator Voltage*) berfungsi menyediakan suatu tegangan keluaran dc tetap yang tidak dipengaruhi oleh perubahan tegangan masukan, arus beban keluaran, dan suhu. Pengatur tegangan adalah salah satu bagian dari rangkaian catu daya DC. Pengatur tegangan dikelompokkan dalam dua kategori, pengatur *linier* dan *switching regulator*. yang termasuk dalam kategori pengatur linier, dua jenis yang umum adalah pengatur tegangan seri (*Series Regulator*) dan pengatur tegangan parallel (*Shunt Regulators*). Dua jenis pengatur diatas dapat diperoleh untuk keluaran tegangan positif maupun negatif. Sedangkan untuk *switching regulator* terdapat tiga jenis konfigurasi yaitu, *step-up*, *step-down* dan *inverting* seperti Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Auto Regulator

2.8 Baterai

dapat digunakan sebagai sumber tenaga listrik tergantung pada kapasitas baterai dalam satuan ampere jam (AH). Jika pada kotak baterai tertulis 12 volt 60 AH, berarti baterai tersebut mempunyai tegangan 12 volt dimana jika baterai tersebut digunakan selama 1 jam dengan arus pemakaian 60 ampere, maka kapasitas baterai tersebut setelah 1 jam akan habis. Maka pemakaian hanya 30 ampere maka baterai tersebut akan habis setelah 2 jam. Disini terlihat bahwa lamanya pengosongan baterai ditentukan oleh besarnya pemakaian arus listrik dari baterai tersebut. Semakin besar arus yang digunakan, maka akan semakin cepat terjadi pengosongan pada baterai, dan sebaliknya jika semakin kecil arus yang digunakan, maka akan semakin lama terjadi pengosongan pada baterai. Konstruksi baterai dapat dilihat pada Gambar 2.15 :



Gambar 2.15 Kontruksi Baterai

III. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jln Kapten Muhctar Basrih no : 3 medan

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan Bahan dapat diuraikan sebagai berikut :

3. Alat Penelitian

Adapun alat-alat dari penelitian ini adalah :

c. Multitester

Multitester adalah alat yang digunakan untuk mengukur besarnya arus dan tegangan dari rangkaian *output*.

d. Tachometer

Tachometer adalah alat yang digunakan untuk mengetahui besarnya putaran *turbine ventilator*.

4. Bahan Penelitian

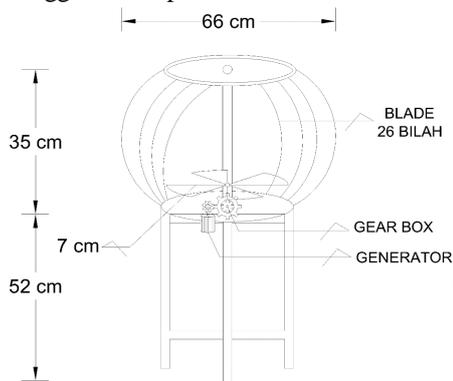
Berdasarkan proses pembuatan alat bahan-bahan yang akan digunakan merupakan bahan yang tersedia pada lapangan yaitu :

5. *Turbine Ventilator*
6. *Generator AC*
7. Plat kontruksi dudukan *turbine ventilator*
8. Kipas angin

3.3 Tahap perancangan alat

- a. Desain perancangan turbin ventilator

Desain turbin ventilator sebagai pembangkit listrik yang dapat di lihat pada Gambar 3.1 menggunakan aplikasi autocad.



Gambar 3.1 Desain Perancangan Alat

- b. Perancangan turbin ventilator
- Pada perancangan turbin ventilator ini akan dijelaskan perangkat keras yang digunakan sistem, secara garis besar terdiri dari beberapa bagian yaitu turbin ventilator, generator, modul regulator.

9. Turbin Ventilator

Turbin ventilator yang digunakan memiliki dimensi diameter 0,66m, tinggi 0,35m, panjang celah sudu 0,07m, berat 4,616 kg dan memiliki blade atau bilah sebanyak 26 buah.

10. *Gearbox*

Gearbox merupakan salah satu alat untuk menyalurkan tenaga atau daya turbin ke generator. Disini penulis menggunakan *gear box* kayu dengan selisih 25 : 2 , supaya ringan putarannya.

11. Generator

Menggunakan generator AC magnet permanen 1 phase berdaya maksimal 300 Watt dengan tegangan maksimal 200 V pada 3000 rpm. Generator yang dipilih adalah generator yang ringan dengan kata lain tidak membutuhkan daya yang sangat besar agar

generator mau berputar. Generator ini mampu berputar dengan torsi minimal 1,3 Nm. Sehingga dengan menggunakan generator ini dapat memanfaatkan tenaga angin minimal 1,4 m/s atau 5 km/jam dengan asumsi mengenai keseluruhan turbin.

12. Plat kontruksi dudukan turbin ventilator

Plat kontruksi dudukan turbin ventilator merupakan salah satu alat untuk dudukan turbin ventilator ada 4 kaki dengan panjang masing-masing berkisar 0,52 meter.

13. Kipas Angin

Untuk mensimulasikan angin, digunakan kipas dengan 3 kecepatan. Kipas angin ini memiliki diameter 0,5m dan jari – jari 0,25 m.

14. Dioda Penyearah

Dioda penyearah merupakan salah satu teknik merubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Rangkaian dioda penyearah merupakan rangkaian dasar pada sebagian besar rangkaian penyearah fasa banyak (polyphase rectifier).

15. Modul Regulator DC *AUTO BUCK BOOST*

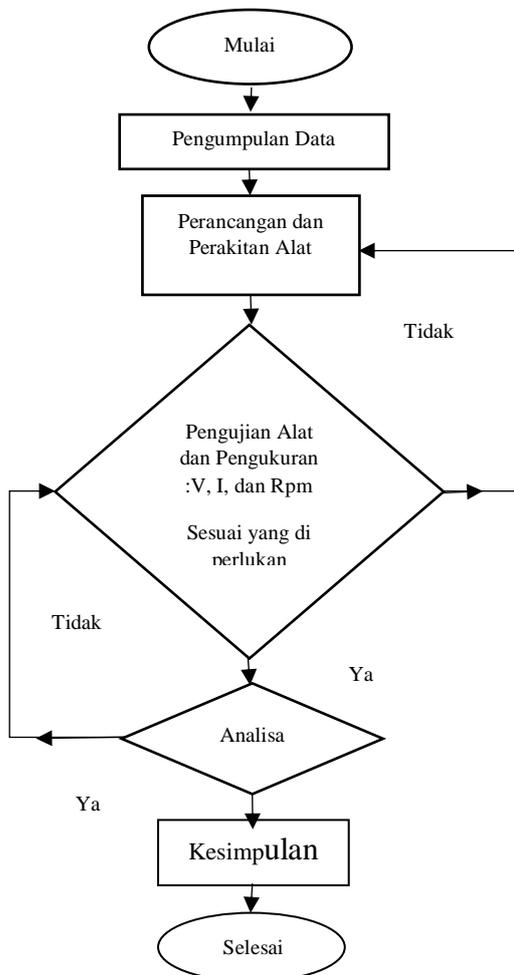
Regulator menggunakan DC *AUTO BUCK BOOST* yang merupakan CMOS berbasis PFM *pulse frequency modulation* step-up DC - DC converter. *Step-up DC-DC converter* merupakan rangkaian yang dapat menaikkan tegangan DC dengan mengatur besarnya duty cycle pada switch-nya. Modul ini bertugas mengubah keluaran dari generator menjadi sebesar 30 V.

16. Baterai

Baterai adalah sebuah sel listrik dimana di dalamnya berlangsung proses elektrokimia. Baterai berfungsi sebagai penyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia, yang akan digunakan untuk mensuplai listrik ke sistem rangkaian dan komponen listrik lainnya.

3.4 Diagram Alir Penelitian (flowchart)

Ada pun diagram alir (*flowchart* diagram) untuk mempermudah memahami perancangan ini dijelaskan pada Gambar 3.2



Gambar 3.3 Diagram alir penelitian.

Diagram alir merupakan prosedur kerja yang akan dilakukan. Pembuatan diagram alir sangat penting dilakukan sebelum melakukan suatu pengujian maupun analisis data. Diagram alir bertujuan untuk memudahkan dalam melakukan proses tersebut. Pada Gambar 3.2 diagram alir prosedur kerja dimulai dari proses pengambilan data secara langsung serta menganalisa data untuk menghasilkan suatu *output* tertentu.

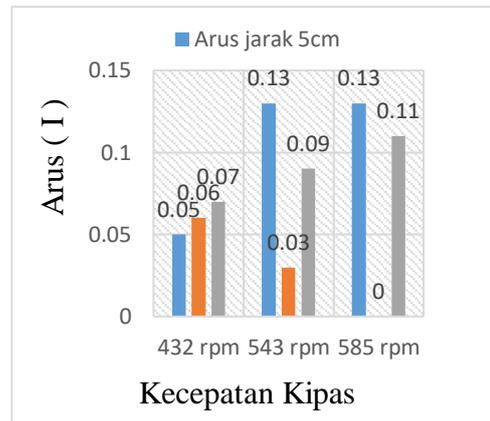
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil penelitian

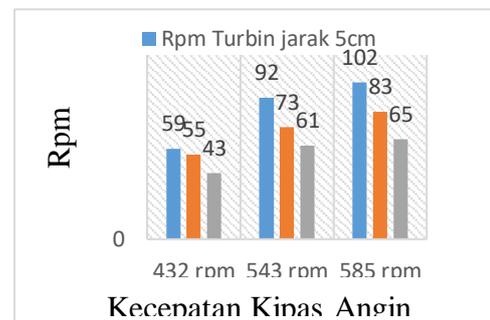
Dalam bab ini akan dibahas tentang hasil pengamatan secara keseluruhan dari penelitian ini ditampilkan dalam bentuk tabel data dan grafik. Data yang ditampilkan adalah nilai dari 3 jarak pengamatan yaitu 5, 15, dan 25 cm. Pengujian dilakukan pada kecepatan kipas angin 432 Rpm, 543 Rpm, dan 585 Rpm. Dari data tersebut dibuat grafik hubungan yang terdapat pada data terhadap kecepatan pengamatan.



Gambar 4.1 Grafik perbandingan nilai tegangan pada jarak 5cm, 15cm, 25cm



Gambar 4.2 Grafik perbandingan nilai Arus pada jarak 5cm, 15cm, 25cm



Gambar 4.3 Grafik perbandingan nilai Rpm turbin pada jarak 5cm, 15cm, 25cm

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari perancangan pembangkit listrik tenaga angin menggunakan turbin ventilator serta melakukan penelitian dan pengujian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

5. Rancang bangun turbin ventilator sebagai pembangkit listrik dapat direalisasikan walaupun putaran dari turbin ventilator rendah. Turbin ventilator dapat menghasilkan listrik dengan cara memasang generator.

6. Dari hasil analisa perbedaan jarak yang dilakukan yaitu 5, 15, dan 25 cm tegangan terendah yang dihasilkan adalah 2,5 Volt yaitu pada kecepatan 432 rpm di jarak 25 cm, dan tegangan tertinggi yang dihasilkan adalah 6,7 Volt yaitu pada kecepatan 585 rpm di jarak 5 cm. Semakin dekat jarak kipas angin, maka putaran turbin semakin besar. Dengan bertambah besarnya kecepatan turbin maka akan semakin besar pula tegangan yang dihasilkan generator.

7. Dari hasil analisa perbedaan jarak yang dilakukan yaitu 5, 15, dan 25 cm Arus terendah yang dihasilkan adalah 0,00 A yaitu pada kecepatan 432 rpm di jarak 15 cm, dan arus tertinggi yang dihasilkan adalah 0,13 A yaitu pada kecepatan 585 rpm di jarak 5 cm.

8. Kipas angin pada jarak 5 cm terhadap turbin dengan kecepatan kipas angin 432 rpm terhadap turbin menghasilkan tegangan 3,6 volt, maka tegangan output converter tidak aktif. Namun pada kecepatan kipas angin 543 rpm terhadap turbin menghasilkan tegangan 6,0 volt dan kecepatan 585 rpm menghasilkan tegangan 6,7 volt, jika tegangan output generator 6,0, dan 6,7 volt maka tegangan output converter akan aktif dan tegangan output converter senilai 15 volt. Sebab converter DC akan aktif apabila tegangan input 5 volt.

5.2 Saran

Beberapa saran untuk pengembangan skripsi ini adalah sebagai berikut :

4. Pengembangan alat ini masih sangat memungkinkan dan dapat disempurnakan dengan adanya peningkatan jenis generator dengan putaran rendah *output* yang tinggi.

5. Mendesain mekanik turbin seringan mungkin supaya ketika tertiup angin dengan kecepatan rendah turbin langsung dapat berputar.

6. Untuk kedepannya dapat menambahkan metode-metode yang terbaru.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. I. Nakhoda and C. Saleh, "Pembangkit Listrik Tenaga Angin Sumbu Vertikal Untuk Penerangan Rumah Tangga Di Daerah Pesisir Pantai," *Ind. Inov. Prodi Tek. Elektro, Fak. Teknol. Ind. Inst. Teknol. Nas. Malang*, vol. 7, no. 1, pp. 20–28, 2017.
- [2] T. Akhir and A. Nugraheni, "Perancangan pembangkit listrik tenaga angin skala kecil di gedung bertingkat," *Tugas Akhir, Fakultas Tek. Jur. Tek. ELEKTRO Univ. Muhammadiyah Surakarta*, pp. 1–6, 2010.
- [3] D. S. Prayoga, M. S. S, M. Sc, and I. Hidayat, "Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Vertical-Axis Wind Turbine Design and Implementation of Wind Power Plant Using Vertical-Axis Wind Turbine," *ISSN 2355-9365 e-Proceeding Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 124–128, 2016.
- [4] R. Hilmansyah1, Risty Jayanti Yuniar2, "Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Kendali Pi," *J. SAINS Terap. NO.1*, vol. 3, no. 1, pp. 1–5, 2017.
- [5] A. N. Hatuwe, "Studi Eksperimen Pengaruh Penggunaan Blade System Buka Tutup Arah Horyzontal Terhadap Kinerja Kincir Angin Poros Vertikal," *J. Simetrik*, p-ISSN 2302-9579/e-ISSN 2581-2866, vol. 7, no. 2, pp. 23–30, 2017.
- [6] M. N. Habibie, A. Sasmito, and R. Kurniawan, "Kajian Potensi Energi Angin Di Wilayah Sulawesi Dan Maluku," *Kaji. Potensi Energi Angin Di Wil. Sulawesi, Jakarta, Puslitbang BMKG*, no. 2, pp. 181–187, 2011.
- [7] J. T. Elektro, F. Teknik, and U. M. Surakarta, "Perancangan Kincir Angin Tipe Axial," *Tugas Akhir, Jur. Tek. Elektro Fak. Tek. Univ. Muhammadiyah Surakarta*, 2012.
- [8] M. D. Syaifullah, "Analisis Kondisi Udara Atas Wilayah Indonesia," *J. Meteorol. Dan Geofis. VOL.*, vol. 18, no. 1, pp. 1–12, 2017.
- [9] M. L. DEWI, "Analisis Kinerja Turbin Angin Poros Vertikal Dengan Modifikasi Rotor Savonius L Untuk Optimasi Kinerja Turbin," *Tugas Akhir, Mat. Fak. Ilmu, Dan Alam, Pengetah. Maret, Univ. Sebel.*, 2010.
- [10] R. Sumiati, "Rancang bangun miniatur turbin angin pembangkit listrik untuk media pembelajaran," *J. Tek. Mesin, Staf pengajar Jur. Tek. Mesin Politek. Negeri Padang*, vol. 3, no. 2, pp. 1–8, 2013.
- [11] F. Kurniadi, "Pembuatan turbin ventilator," *TA*, 2016.

- [12] S. Bahari, “Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Angin Di Desa Sungai Nibung Kecamatan Teluk Pakedai Kabupaten Kubu Raya,” *Tugas Akhir, Jur. Tek. Elektro, Fak. Tek. Univ. Tanjungpura.*, 2015.
- [13] W. H. Antonov Bachtiar*, “Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin PT. Lentera Angin Nusantara (LAN) Ciheras,” *35 J. Tek. Elektro ITP*, vol. 7, no. 1, pp. 35–45, 2018.
- [14] S. Kusuma A.1), “Analisis Generator 3 Phasa Tipe Magnet Permanen Dengan Penggerak Mula Turbin Angin Propeller 3 Blade Untuk Pltb,” *Eksergi J. Tek. Energi*, no. 1, pp. 12–17, 2015.
- [15] W. Sunarlik, “Prinsip kerja generator sinkron *,” *Tugas Akhir*.



Medan, 15 Oktober 2018

Biodata Penulis

Nama : Seftyan Harry wahyuda Tama
 NPM : 1407220005
 TTL : Kayangan, 08 September 1996
 Alamat : Dusun Kayangan, Kel : Balam
 Jaya, Kec : Bagan Sinembah,
 Kab : Rokan Hilir, Prov : Riau
 Email : seftyanharry09@gmail.com

Riwayat Pendidikan :

2001 – 2002 : TK BINA SISWA PT
 SALIM IVOMAS
 PRATAMA

2002 – 2008 : SD SWASTA 044 BINA
 SISWA PT SALIM
 IVOMAS PRATAMA

2008 – 2011 : SMP SWASTA BINA
 SISWA PT SALIM
 IVOMAS PRATAMA

2011 – 2014 : SMA SWASTA BINA
 SISWA PT SALIM
 IVOMAS PRATAMA

2014-Sekarang: Universitas Muhammadiyah
 Sumatera Utara, Jurusan
 Teknik Elektro.



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

Jalan Kapten Mochtar Basri No. 3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : SEFTYAN HARRY WAHYUDA TAMA
NPM : 1407220005
Judul Tugas Akhir : PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
ANGIN MENGGUNAKAN TURBIN VENTILATOR
SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF

No	Tanggal	Catatan	Paraf
1	13/7	- Menulis skripsi bab 1 dan 2 dan penulisan - membuat format	#
2	16/9	- menyelesaikan draft skripsi	#
3	12/9	- presentasi, bab 1, 2, 3, 4	#
4	14/9	bab 1, 2, 3, 4, 5	#
5	18/9	revisi, pendahuluan, bab kec untuk Seminar	#
	24/9	pekerjaan floor chart, lampiran photo got 284,	#
	25/9	ok untuk diujikan	#

Pembimbing I

Dr. Ir. SURYA HARDI, M.Sc



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
Jalan Kapten Múhtar Basri No. 3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : SEFTYAN HARRY WAHYUDA TAMA
NPM : 1407220005
Judul Tugas Akhir : PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
ANGIN MENGGUNAKAN TURBIN VENTILATOR

No	Tanggal	Catatan	Paraf
1	10/7/18	Acc judul dan di rincikan secara jelas tentang Ventilator	
2	14/7/18	Acc BAB I dilanjutkan ke BAB II	
3	22/7/18	Acc BAB II dg catatan gambar harus srt slot se/elektriknya tulis kan persamaan rumus yang kep dg penyelesaian (setoran uji)	
4	26/7/18	Acc BAB II lanjut ke BAB III	
5	30/7/18	Acc BAB III dan BAB IV dan buat daftar pustakanya	
6	10/9/18	Acc dan lanjut ke penulisan skripsi untuk Teknik Seminar	

Pembimbing II

ZULFIKAR, S.T, M.T