

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Angin merupakan udara bergerak akibat adanya perbedaan tekanan. Selain itu, angin juga disebabkan perbedaan pemanasan sehingga terjadi perpindahan udara panas ke dingin. Bumi menerima daya dari matahari dan sekitar 1-2% diubah menjadi energi angin. Nilai ini setara 50-100 kali energi matahari yang dikonversi oleh semua tumbuhan di bumi menjadi biomassa. Oleh karena itu, angin memiliki energy yang dapat digunakan kepada bentuk lain.

Energi angin dapat dikonversikan menjadi energy listrik. Salah satu caranya adalah dengan menggunakan kincir angin, yang menangkap energi kinetik angin kemudian mengkonversikannya menjadi energi mekanik, dimana poros kincir dengan rotor generator dikopel dan terjadilah pembangkitan energi listrik. Besar atau kecilnya listrik yang dihasilkan sangat bergantung pada kecepatan angin tersebut. Kecepatan angin dipengaruhi oleh kekerasan permukaan dan penghalang, seperti gedung dan pohon.

Di daerah perkotaan dengan gedung tinggi, pengaruh ketinggian terhadap kecepatan angin lebih besar dibandingkan daerah pedesaan. Angin yang dapat dimanfaatkan sebagai energi angin umumnya merupakan angin permukaan yang tingginya sekitar 50 m. dan memiliki kecepatan rata-rata sekitar 20 km/jam.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan Uraian dari latar belakang, maka permasalahan yang diamati dalam tugas akhir ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Karena adanya energi angin yang melimpah dari alam maka perlu dimanfaatkan dengan cara membangun sistem pembangkit listrik tenaga angin sederhana.
2. Bagaimana cara merancang pembangkit listrik tenaga angin.
3. Bagaimana cara kerja pembangkit listrik tenaga angin.

### **1.3 Tujuan Penulisan**

Adapun Tujuan dari Penulisan dibuatnya alat ini sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui dan cara mendesain kerja pembangkit listrik tenaga angin dalam bentuk miniatur.
2. Untuk membuat simulasi bagaimana menghasilkan keluaran tegangan pada generator.
3. Spesifikasi yang diinginkan pada sistem ini adalah mendapatkan putaran konstan agar alternator dapat menghasilkan keluaran yang maksimal.

### **1.4 Metode Pemecahan Masalah**

Untuk mencapai tujuan akhir dari penulisan, maka penulis melakukan metode pemecahan masalah sebagai berikut :

1. Mendesain turbin dengan bobot yang ringan, agar dapat berputar dengan kondisi angin kecil.
2. Mendesain pasangan elemen mesin (*pulley* dan *v-belt*), agar dapat mentransmisikan daya dari turbin ke alternator dengan baik.
3. Mendesain perbandingan elemen mesin yang digunakan (*pulley* dan *v-belt*).

### **1.5 Batasan Masalah**

Untuk membatasi masalah-masalah yang ada, maka penulis membatasi ruang lingkup masalah sebagai berikut:

1. Pada disain ini yang mau dilakukan adalah membuat miniature pembangkit listrik tenaga angin, dan tidak memperhitungkan masalah daya keluaran.
2. Tidak mempersoalkan masalah sumber angin karena akan dapat disimulasikan melalui kompresor angin.

### **1.6 Kontribusi penulisan**

Kontribusi yang dicapai dari tugas akhir ini adalah:

1. Mempermudah dalam memahami proses pembangkitan pada pembangkit listrik tenaga angin.
2. Penerapan langsung (aplikasi) disiplin ilmu elektro.

3. Dengan sistem ini dapat dikembangkan menjadi pembangkit sendiri untuk rumah.

## **1.7 Sistematika Penulisan**

Untuk mempermudah dalam pembahasan dan pemahaman dalam Laporan. Dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini, disusun berdasarkan bab-bab dan terdiri atas lima bab dan selanjutnya diperjelas dalam beberapa sub bab. Secara keseluruhan Laporan Tugas Akhir ini disusun dalam sistematika berikut:

### **1. BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisikan latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, manfaat penulisan dan sistematika penulisan.

### **2. BAB II LANDASAN TEORI**

Bab ini berisikan teori tentang pembangkit listrik tenaga angin.

### **3. BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN**

Bab ini berisikan tentang perencanaan dan pembuatan sistem secara keseluruhan, berisikan tentang proses perancangan dan pembuatan alat.

### **4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan tentang hasil pengujian pada rangkaian, akan dibahas hasil analisa dari rangkaian dan sistem kerja alat, penjelasan mengenai rangkaian-rangkaian yang digunakan.

### **5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini merupakan penutup yang meliputi kesimpulan dan saran dari bab-bab sebelumnya dan juga sebagai penutup dari Tugas Akhir yang berjudul "Design dan Implementasi Miniatur Pembangkit Listrik Tenaga Angin".

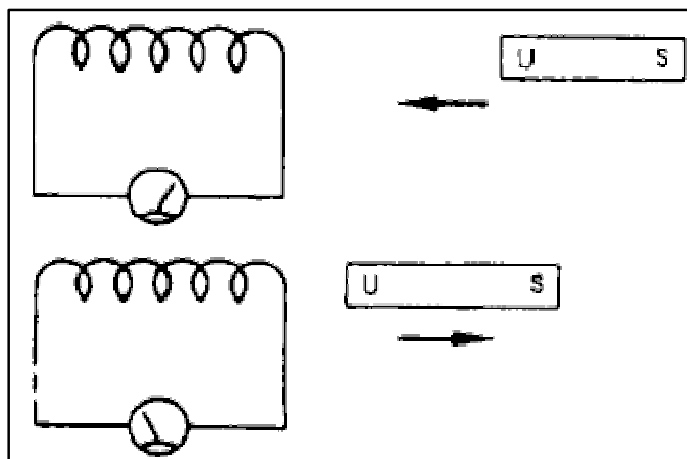
## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Alternator Mobil**

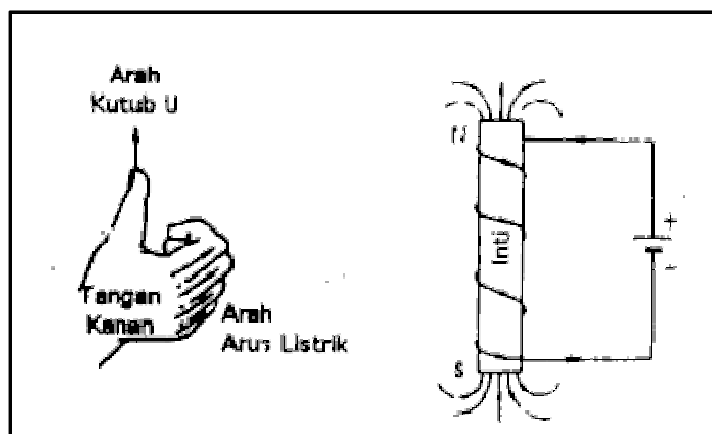
Pengubahan energi angin menjadi energi listrik pada alat – alat yang kecil dapat dilakukan memakai alternator mobil. Juga dalam teknik mobil terdapat gejala bahwa energi yang harus dibangkitkan pada jumlah putaran yang banyak berubah–ubah. Karena daya usaha yang dibangkitkan itu harus dapat diredam, maka dari itu alternator mempunyai konstruksi yang sederhana, dan selain itu terdapat beberapa kebaikan bila dibandingkan dengan dynamo. Kebaikan pada alternator ialah tidak terdapat bunga api antara sikat- sikat dan *slip ring*, disebabkan tidak terdapat komutator yang dapat menyebabkan sikat menjadi aus. Rotornya lebih ringan dan tahan terhadap putaran tinggi, dan *silicon diode (rectifer)* mempunyai sifat pengarahan arus, serta dapat mencegah kembalinya arus dari baterai ke alternator. Untuk mencegah kesalahpahaman, sebenarnya generator arus bolak – balik menghasilkan arus searah seperti dynamo arus searah dengan mempergunakan beberapa dioda. Disini alternator dapat disamakan dengan generator arus bolak–balik.

Seperti terlihat pada gambar 2.1, pada saat magnet digerakan dekat kumparan akan timbul gaya electromagnet pada kumparan. Arah tegangan yang dibangkitkan pada saat magnet bergerak mendekat atau menjauhi kumparan juga berlawanan. Besarnya tegangan yang akan dibangkitkan akan meningkat sesuai dengan meningkatnya gaya magnet dan kecepatan gerak magnet.



Gambar 2.1 Prinsip Pembangkitan Arus

Selain itu, tegangan yang dibangkitkan juga bertambah besar bila jumlah kumparannya ditambah. Arah arus listrik pada kumparan dan arah gaya magnet yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Hubungan antara arus listrik pada kumparan dan medan magnet

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

Hubungan tersebut dapat dinyatakan dengan :

$$(e) = -N \frac{d\Phi}{dt} \text{ — volt}$$

Dengan arti :

$N$  : banyak lilitan dari kumparan

$\Delta\Phi$  : perubahan fluks magnet dalam satuan webber (Wb)

$\Delta t$  : perubahan waktu dalam satuan detik (dt)

Dan daya :

$$P = E \times I$$

Dimana :

$P$  : Daya (watt)

$E$  : Tegangan (volt)

$I$  : Arus (ampere)

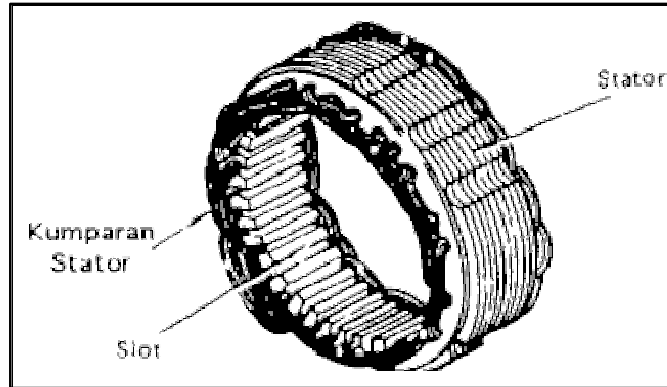
## **2.2 Bagian–bagian pada alternator mobil.**

### **2.2.1 Rangka Stator**

Rangka stator adalah salah satu bagian utama dari alternator yang terbuat dari besi tuang dan ini merupakan rumah dari semua bagian- bagian alternator.

### **2.2.2 Stator**

Stator terdiri dari stator core (inti) dan kumparan stator dan diletakkan pada frame depan dan belakang. Stator core dibuat dari beberapa lapis plat besi tipis dan mempunyai alur pada bagian dalamnya untuk menempatkan kumparan stator. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.3.

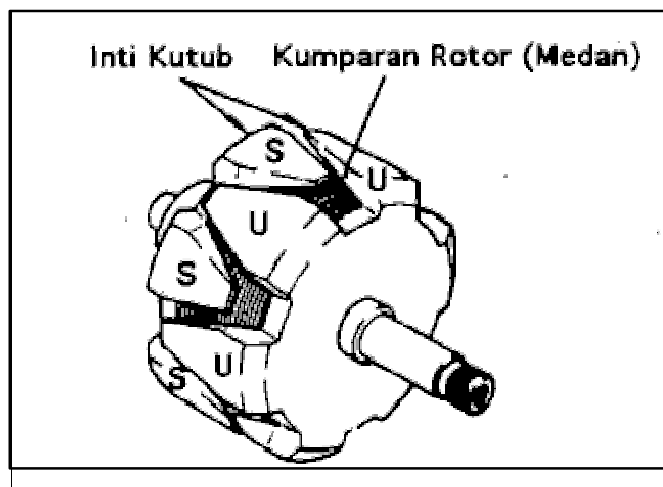


Gambar 2.3 Stator

Stator core ini akan mengalirkan flux magnet yang disuplai oleh inti rotor sedemikian rupa sehingga flux magnet akan menghasilkan efek yang maksimum pada saat melalui kumparan stator. Jumlah alur ini berbeda – beda menurut jumlah kutub magnet dan kumparan. Ada 3 kumparan stator yang terpisah pada stator core. Hubungan pada kumparan stator bisa Y atau  $\Delta$ . Tapi hubungan Y adalah yang paling populer saat ini.

### 2.2.3 Rotor

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



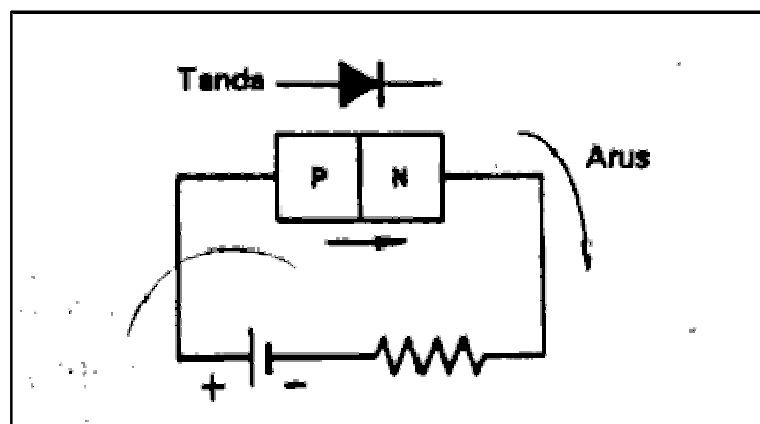
Gambar 2.4 Rotor

#### 2.2.4 Slepring atau cincin geser

Dibuat dari bahan kuningan atau tembaga yang dipasang pada poros dengan memakai bahan isolasi. Slepring ini berputar secara bersama-sama dengan poros (as) dan rotor. Banyaknya slepring ada 2 dan pada tiap-tiap slepring dapat menggeser borstel positif dan borstel negatif, guna penguatan (*Excitation Current*) ke lilitan magnet pada rotor.

#### 2.2.5 Dioda

Dioda hanya dapat dialiri arus listrik secara satu arah saja. Prinsip inilah yang digunakan untuk merubah arus AC yang dibangkitkan di kumparan stator menjadi arus DC. Dioda mempunyai sisi ( + ) dan ( - ). Salah satu fungsi alternator mobil adalah untuk mengisi baterai. Oleh karena itu, arus AC tidak dapat langsung digunakan. Untuk merubah arus AC menjadi DC digunakan proses penyearahan. Proses penyearahan pada alternator menggunakan dioda. Gambar 7, pada dioda arus mengalir dari P ke N dan tidak sebaliknya.

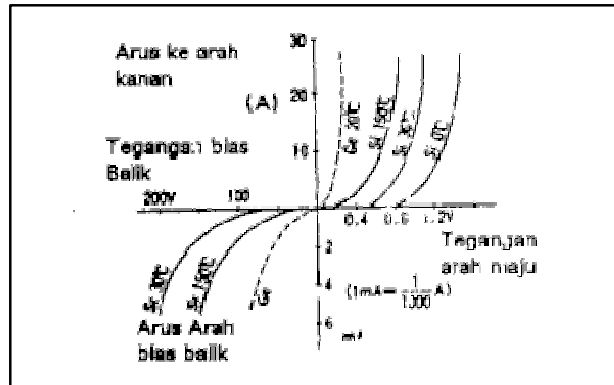


Gambar 2.5 Penyearahan pada dioda

Ini adalah sifat dasar dioda yang digunakan untuk fungsi penyearahan. Bahkan pada arah P ke N, bila tegangannya kurang dari suatu nilai tertentu, maka arus tidak dapat mengalir. Pada dioda *silicon*, harga ini biasanya berkisar antara 0,6 – 0,7 volt. Bila arus sudah mengalir, maka akan terus bertambah besar meskipun perubahan tegangan hampir tidak ada. Hubungan antara tegangan dan arus bervariasi, tergantung pada temperatur sekelilingnya. Bila temperatur naik,



maka arus semakin mudah mengalir. Karakteristik dioda dapat dilihat pada gambar 8.

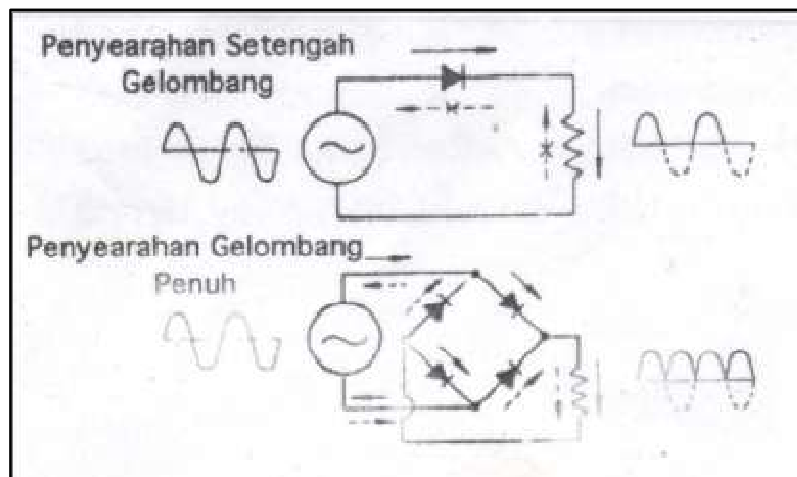


Gambar 2.6 Karakteristik dioda

Sistem penyearahan dengan dioda terbagi menjadi dua cara :

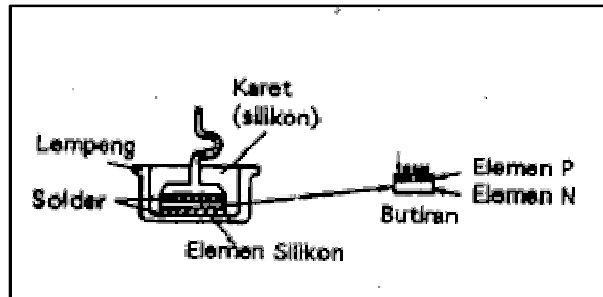
- Penyearahan setengah gelombang, hanya sisi ( + ) dari arus AC yang digunakan.
- Penyearahan gelombang penuh, sisi ( - ) dari arus AC dirubah menjadi DC.

Gambar dibawah ini memperlihatkan rangkaian penyearahan dan gelombang arus AC satu phasa yang telah diarahkan.



Gambar 2.7 Penyearahan

Sedangkan dioda yang digunakan pada alternator biasanya berbentuk butiran yang ditempatkan pada lempengan dari metal. Butiran yang digunakan adalah sebuah lempengan tipis yang terbuat dari *silicon*. Semi konduktor adalah suatu bahan yang karakteristik hantaran listriknya berada antara metal dan kaca,

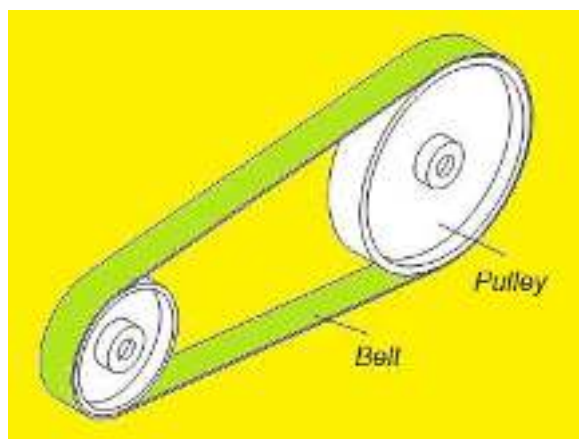


seperti pada gambar di bawah ini.

Gambar 2.8 Konstruksi dioda untuk alternator

### 2.3 *Pulley dan Belt*

*Pulley* dan *belt* adalah pasangan elemen mesin yang digunakan untuk mentransmisikan daya dari satu poros ke poros lain. Perbandingan kecepatan antara poros penggerak dan poros yang digerakkan tergantung pada perbandingan diameter *pulley* yang digunakan. Agar dapat mentransmisikan daya, *pulley* dihubungkan dengan *belt* (sabuk) dan memanfaatkan kontak gesek antara *pulley* dengan sabuk.



Gambar 2.9 *Pulley dan Belt*

Secara umum, transmisi *pulley* dan sabuk digunakan ketika kecepatan rotasi berada di sekitar 10-60 m/s. Pada kecepatan yang lebih rendah, tegangan

tarik pada sabuk menjadi terlalu tinggi untuk jenis-jenis sabuk tertentu. Pada kecepatan yang lebih tinggi; gaya sentrifugal dapat melepaskan sabuk dari *pulley* sehingga mengurangi kapasitas torsi, efektivitas, dan usia pakai sabuk.

**Jumlah daya yang ditransmisikan *pulley* dan sabuk tergantung pada beberapa faktor berikut:**

Kecepatan sabuk.

Tegangan di mana sabuk ditempatkan pada *pulley*.

Busur kontak antara sabuk dan *pulley* diameter kecil.

Kondisi di mana sabuk digunakan.

Ruang yang tersedia.

Ketentuan layanan.

### **2.3.1 Jenis-jenis Transmisi *Pulley* dan *Belt***

Transmisi *pulley* dan sabuk dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok berikut:

Ringan dengan kecepatan sabuk sampai sekitar 10 m/s dan daya kecil. Contoh seperti pada mesin pertanian dan mesin yang kecil.

Sedang, kelompok ini digunakan untuk mentransmisikan daya sedang pada kecepatan sabuk 10 sampai 22 m/s.

Berat dengan daya besar dan kecepatan sabuk di atas 22 m/s, seperti pada kompresor dan generator.

### **2.3.2 Kelebihan dan Kekurangan Transmisi *Pulley* dan *Belt***

Berikut beberapa keunggulan dari transmisi *pulley* dan *belt* dibanding dengan transmisi roda gigi atau rantai:

Instalasi mudah.

Perawatan sedikit.

Keandalan tinggi.

Dapat diterapkan pada dua poros yang tidak paralel.

Kecepatan transmisi tinggi.

Berikut beberapa kekurangan dari transmisi *pulley* dan *belt*:

Kapasitas daya yang dapat ditransmisikan terbatas.

Rasio kecepatan terbatas.

Rentan terhadap perubahan kondisi lingkungan seperti kontaminasi dengan pelumas. Selain itu, getaran dan beban kejut dapat merusak sabuk.

### 2.3.3 Perbandingan Kecepatan pada Transmisi *Pulley* dan Sabuk

Berikut ini adalah rasio antara kecepatan penggerak dan kecepatan yang digerakkan (pengikut):

Panjang sabuk yang melewati *pulley* penggerak, dalam satu menit =

Panjang sabuk yang melewati *pulley* yang digerakkan, dalam satu menit =

Karena panjang sabuk yang melewati penggerak dalam satu menit sama dengan panjang sabuk yang melewati pengikut dalam satu menit, maka:

=

— = —

Di mana,

$d_1$  = Diameter penggerak.

$d_2$  = Diameter pengikut.

$N_1$  = Kecepatan penggerak dalam rpm.

$N_2$  = Kecepatan pengikut dalam rpm

## 2.4 Angin

Adanya perbedaan suhu antara wilayah yang satu dengan wilayah yang lain dipermukaan bumi ini menyebabkan timbulnya angin. Wilayah yang mempunyai suhu tinggi (daerah khatulistiwa) udara menjadi panas sehingga mengembang dan menjadi ringan, akibatnya bergerak keatas menuju wilayah yang mempunyai suhu lebih rendah (daerah kutub). Sebaliknya di wilayah yang mempunyai suhu rendah, udaranya menjadi digin dan bergerak turun ke wilayah yang mempunyai suhu panas. Dengan demikian, terbentuk perputaran udara yaitu perpindahan udara dari daerah khatulistiwa ke daerah kutub dan sebaliknya dari

daerah kutub ke daerah khatulistiwa. Perpindahan udara atau gesekan udara terhadap permukaan bumi inilah yang disebut angin.

Perbedaan suhu di permukaan bumi di karenakan penyinaran matahari ke bumi dan peredaran bumi terhadap matahari. Oleh karena itu adanya angin pada suatu wilayah tergantung perbedaan suhu, sehingga dapat dikatakan secara periodic angin di suatu wilayah dibangkitkan kembali selama ada perbedaan suhu oleh penyinaran matahari. Atas dasar hal tersebut angin dapat di katakan sebagai sumber daya energi terbarukan. Dan untuk mengetahui suatu energi yang dibangkitkan oleh angin selama perjam dapat dinyatakan dengan rumus :

$$W = P \times t$$

Dimana :

W : energi (watt jam)

P : daya (watt)

t : waktu (detik)

Dan untuk mengetahui daya atau energi yang dikeluarkan oleh alternator berdasarkan kecepatan angin dan diameter baling-baling (telah diketahui dan diameternya 1,5 m) dapat dinyatakan dengan rumus :

$$P = \frac{1}{2} \rho v^3 D^2 \text{ Watt}$$

Dimana :

P : daya atau energi (watt)

V : kecepatan aliran udara (m/det)

D : diameter baling-baling (m)

## 2.5 Kincir Angin

Pembangkit listrik tenaga angin, memanfaatkan energi angin sebagai sumber energinya. Pemanfaatan energi angin ini yaitu menggunakan kincir angin lalu dihubungkan menggunakan generator ataupun turbin. Setelah itu, proses yang

dilakukan akan menghasilkan tenaga listrik yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi. Energi angin merupakan bentuk yang jauh berkelanjutan bebas dengan polusi energi. Pemanfaatan angin ini memang sangat disarankan karena jumlahnya yang tidak terbatas dan juga melimpah. Pemanfaatan energi angin ini sangat menarik karena tidak perlu menggunakan bahan bakar sebagai sumber energi. Tidak hanya itu, pemanfaatan energi angin ini juga tidak memberikan hasil gas rumah kaca dan juga limbah ataupun racun yang berlebihan. Energi ini berasal dari energi kinetik yang dikonversi dan hadir dalam bentuk angin. Kemudian angin diolah menjadi bentuk yang lebih bermanfaat atau berguna.

Ada dua jenis kincir angin yang umum digunakan saat ini, yaitu berdasarkan arah poros berputar (sumbu): turbin angin sumbu horisontal dan turbin angin sumbu vertikal.

### **2.5.1 *Blade wind turbine* Sumbu Horizontal**

Kebanyakan turbin angin yang digunakan saat ini adalah tipe sumbu horizontal. Turbin angin sumbu horizontal memiliki bilah baling-baling seperti di pesawat. Turbin angin jenis ini memiliki shaft rotor dan generator pada puncak tower dan harus diarahkan ke arah angin bertiup.



Gambar 2.10 *Blade wind turbine* Sumbu Horizontal

Berdasarkan penjelasan tentang *wind turbine* sumbu horizontal berikut kekurangan dan kelebihan dari jenis turbin angin poros horizontal tersebut.

Kekurangan turbin angin horizontal :

1. Membutuhkan konstruksi tower yang besar untuk mendukung beban gear box, blade dan juga generator.
2. Membutuhkan sistem pengereman untuk mencegah turbin mengalami kerusakan pada turbin ketika ada angin kencang.
3. Membutuhkan pengawasan dan kontrol secara berkala untuk mengarahkan blade ke arah angin.

Kelebihan turbin angin horizontal :

1. Towernya yang tinggi memungkinkan untuk mendapatkan angin dengan kekuatan yang lebih besar untuk mendapatkan energi.
2. Efisiensi lebih tinggi. Hal ini dikarenakan blade selalu bergerak tegak lurus terhadap angin.

### **2.5.2 Turbin Angin Sumbu Vertikal**

Jenis turbin angin yang kedua adalah turbin angin poros vertikal. Turbin angin jenis ini memiliki bilah yang memanjang dari atas ke bawah. Turbin angin vertikal biasanya berdiri setinggi 100 meter dengan lebar 50 kaki. Dengan sumbu vertikal, generator dan komponen primer lainnya dapat ditempatkan dengan permukaan tanah, sehingga tentu saja ini dapat mempermudah maintenance lebih mudah. Jika dibandingkan dengan turbin angin poros horizontal, turbin angin ini memiliki kecepatan yang lambat, sehingga energi angin yang tersedia pun lebih rendah.



Gambar 2.11 *Blade wind turbine* Sumbu Vertikal

Kekurangan turbin angin poros vertikal :

1. Memiliki penurunan efisiensi. Jika dibandingkan dengan turbin angin poros horozontal, turbin angin poros vertikal memiliki penurunan efisiensi. Hal ini dikarenakan adanya hambatan tambahan yang mereka miliki sebagai pisau memutar ke angin.
2. Memiliki kecepatan angin yang rendah. Yang kedua adalah jenis memiliki kecepatan angin yang rendah. Karena turbin angin poros vertikal memiliki rotor dekat dengan tanah.

Kelebihan turbin angin poros vertikal:

1. Yang pertama adalah turbin angin tidak memerlukan perawatan yang ekstra. Sehingga tidak membutuhkan biaya yang lebih banyak untuk merawatnya.
2. Yang kedua adalah turbin angin juga sangat mudah dirawat karena letaknya yang dekat dengan tanah.

## **2.6 Baterai**

### **2.6.1 Pengertian Baterai**

Baterai merupakan suatu alat yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik melalui proses elektrokimia. Ada dua macam sel elektrokimia, yaitu:

1. Sel volta ( sel galvani)

Dalam sel ini, energi kimia diubah menjadi energi listrik atau reaksi redoks menghasilkan arus listrik dimana katoda sebagai elektroda positif yang menerima elektron dari rangkaian luar serta mengalami proses reduksi pada proses elektrokimia, dan anoda sebagai elektroda negatif yang melepaskan elektron ke rangkaian luar serta mnegalami proses oksidasi pada proses elektrokimia.

Contohnya adalah cara kerja baterai.

2. Sel Elektrolisis

Dalam sel ini, energi listrik diubah menjadi energi kimia atau arus listrik menghasilkan reaksi redoks. Dimana katoda sebagai elektroda negatif, dan anoda sebagai elektroda positif. Contohnya penyepuhan logam.



### 2.6.2 Jenis-jenis baterai

Berdasarkan kemampuannya untuk dikosongkan (*discharged*) dan diisi ulang (*recharged*), baterai dibagi menjadi dua, yaitu Baterai primer dan Baterai sekunder.

#### Baterai Primer

Yang termasuk kedalam baterai primer adalah baterai yang tidak dapat diisi ulang atau dengan penggunaan sekali saja. Setelah kapasitas baterai habis, baterai tidak dapat dipakai kembali. Pada umumnya baterai primer murah, mudah digunakan sebagai sumber listrik untuk peralatan portabel, memiliki densitas energi listrik yang besar dengan kecepatan discharge yang rendah dan tidak memerlukan perawatan. Beberapa contoh baterai jenis ini adalah baterai alkalin, baterai seng-karbon (baterai kering), dan baterai merkuri.

#### Baterai Sekunder

Yang termasuk kedalam baterai sekunder adalah baterai yang dapat diisi ulang (*charge*). Baterai jenis ini disebut juga sebagai baterai penyimpanan / *storage battery*. Beberapa contoh baterai sekunder adalah baterai Timbel-Asam (Aki), baterai Ni-Cd, dan baterai ion Lithium. Baterai sekunder diaplikasikan dalam dua kategori, yaitu:

1. Sebagai alat penyimpanan energi. Umumnya baterai jenis ini tersambung dengan jaringan listrik permanen dan tersambung dengan jaringan listrik primer saat digunakan.
2. Sebagai sumber energi listrik pada portabel divais, pengganti baterai primer.

### 2.6.3 Baterai Ion Lithium

#### 1. Pengertian Baterai Ion Lithium

*Lithium Ion Battery* atau baterai lithium ion merupakan salah satu jenis baterai sumber arus sekunder yang dapat diisi ulang. Baterai lithium-ion memiliki kemampuan penyimpanan energi tinggi persatuan volume. Energi yang tersimpan merupakan jenis energi elektrokimia.

## Bagian Utama Pada Lithium Ion Battery

*Lithium Ion Battery* pada umumnya memiliki empat komponen utama yaitu elektroda positif (katoda), elektroda negatif (anoda), elektrolit, dan separator.

### Elektroda Negatif (Anoda)

Anoda merupakan elektroda yang berfungsi sebagai pengumpul ion lithium serta merupakan material aktif. Material yang dapat dipakai sebagai anoda harus memiliki karakteristik antara lain memiliki kapasitas energi yang besar, memiliki kemampuan menyimpan dan melepas muatan atau ion yang bagus, memiliki tingkat siklus pemakaian yang lama, mudah untuk dibuat, aman dalam pemakaian atau tidak beracun, dan harganya murah. Material anoda yang paling umum adalah beberapa bentuk karbon biasanya grafit dalam bentuk serbuk. Grafit mempunyai kepadatan energi secara teori yang dihasilkan adalah berkisar 372 mAh/g. Selain grafit, material berbasis karbon yang dapat digunakan untuk anoda yaitu *soft carbon*, *graphene*, dan *hard carbon*. Material lain yang dapat berperan sebagai anoda antara lain lithium titanium oxide (LTO) dengan kepadatan energi yang dihasilkannya 175 mAh/g. Material ini aman dipakai serta memiliki tingkat siklus pemakaian yang cukup lama.

Tabel 2.1 Beberapa material yang dipakai untuk anoda.

<b>Material</b>	<b>Beda Potensial rata-rata (Volt)</b>	<b>Kapasitas Spesific (mAh/g)</b>	<b>Energi Spesifik (KWh/kg)</b>
Grafit (LiC <sub>6</sub> )	0,1 – 0,2	372	0,0372 – 0,0744
Titanate (Li <sub>4</sub> Ti <sub>5</sub> O <sub>12</sub> )	1-2	160	0,16 – 0,32
Si ( Li <sub>4</sub> , 4Si)	0,5 – 1	4212	2,106 – 4,212
Ge ( Li <sub>4</sub> , 4Ge)	0,7 – 1,2	1642	1,137 – 1,949

### Elektroda Positif ( Katoda)

Katoda merupakan elektroda yang berfungsi sebagai pengumpul ion serta material aktif. Pada katoda terjadi reaksi setengah sel yaitu reaksi reduksi yang menerima elektron dari sirkuit luar sehingga reaksi kimia reduksi terjadi pada elektroda ini. Katoda dan anoda memiliki fungsi yang sama namun, perbedaannya adalah katoda merupakan elektroda positif. Material katoda harus memiliki karakteristik yang harus dipenuhi antara lain material tersebut terdiri dari ion yang mudah melakukan reaksi reduksi dan oksidasi, memiliki konduktivitas yang tinggi, memiliki kapasitas energi yang tinggi, memiliki kestabilan yang tinggi, harganya murah dan ramah lingkungan. Pada tahun 1980 material  $\text{LiCoO}_2$  menjadi kandidat material pertama yang digunakan sebagai katoda pada LIBs. Kerapatan energi yang dimiliki  $\text{LiCoO}_2$  sebesar 140 mAh/g. Kelemahan pada material ini yaitu memiliki kestabilan yang rendah dan harganya mahal. Sejalan dengan peningkatan performa katoda, beberapa penelitian yang dilakukan antara lain membuat katoda dari  $\text{LiMO}_2$  (M = Co (Cobalt); Ni (Nikel); Mn (Mangan)).  $\text{LiMO}_2$  tersebut dibentuk dalam bentuk layer-layer. Adapula material yang digunakan sebagai katoda dibentuk dalam bentuk spinel  $\text{LiM}_2\text{O}_4$  (M: Mn (Mangan)) ; serta olivine  $\text{LiMPO}_4$  (M : Fe).

Tabel 2.2 Beberapa material yang dipakai untuk katoda.

<b>Material</b>	<b>Beda potensial Rata-rata (Volt)</b>	<b>Kapasitas Spesific (mAh/g)</b>	<b>Energi specific (kWh/k )</b>
$\text{LiCoO}_2$	3,7	140	0,518
$\text{LiMn}_2\text{O}_4$	4,0	100	0,400
$\text{LiNiO}_2$	3,5	180	0,360

### Elektrolit

Elektrolit adalah bagian yang berfungsi sebagai penghantar ion lithium dari anoda ke katoda dan dari katoda ke anoda. Karakteristik elektrolit yang penting untuk diperhatikan antara lain konduktivitas, tidak beracun, dan harganya yang murah. Elektrolit ini terbagi dalam dua jenis yaitu elektrolit cair dan elektrolit padat. Kedua jenis ini memiliki kelebihan serta kekurangannya. Kelebihan dari elektrolit cair antara lain memiliki konduktivitas ionik yang besar, harga yang murah, dan aman. Namun kekurangannya adalah memiliki performa siklus pemakaian yang rendah yaitu hanya berkisar 25 kali siklus. Beberapa material yang dapat digunakan sebagai elektrolit cair antara lain LiNO<sub>3</sub>, LiClO<sub>4</sub>, LiPF<sub>6</sub>. Sedangkan elektrolit padat keuntungannya yaitu memiliki konduktivitas yang besar serta dapat tahan lama dibandingkan dengan cair.

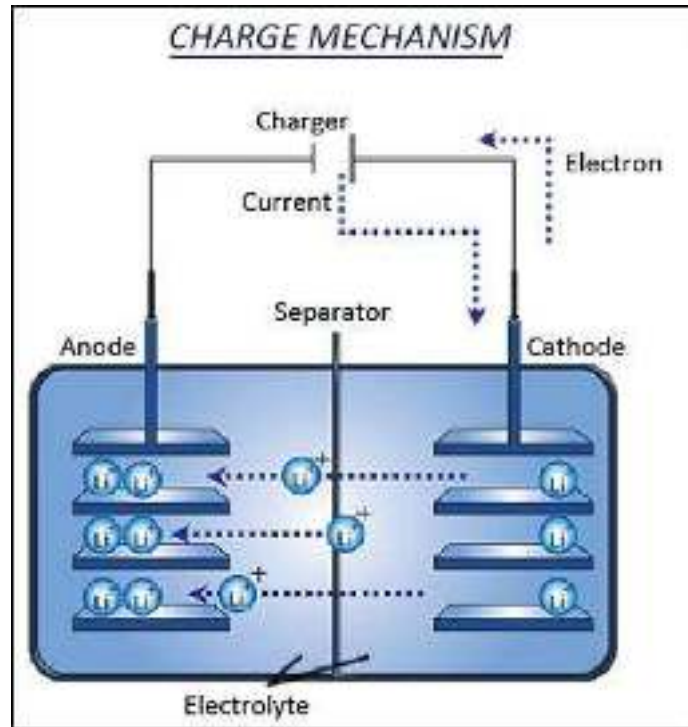
### Separator

Separator adalah suatu material berpori yang terletak diantara anoda dan katoda. Fungsi separator yaitu sebagai pemisah untuk mencegah kontak langsung antara anoda dan katoda. Pori-pori di separator memungkinkan transfer ion lithium dengan difusi selama pengisian dan pengosongan. Beberapa hal yang penting untuk memilih material sebagai separator antara lain material tersebut bersifat insulator, memiliki hambatan listrik yang kecil, kestabilan mekanik atau tidak mudah rusak, memiliki sifat hambatan kimiawi untuk tidak mudah terdegradasi dengan elektrolit serta memiliki ketebalan lapisan yang sama diseluruh permukaan. Beberapa material yang dapat digunakan sebagai separator antara *Polyethylene* yang terbuat dari plastik film microporous (nanopori) dengan ketebalan < 25  $\mu\text{m}$ .

## 2. Prinsip Kerja Baterai Lithium

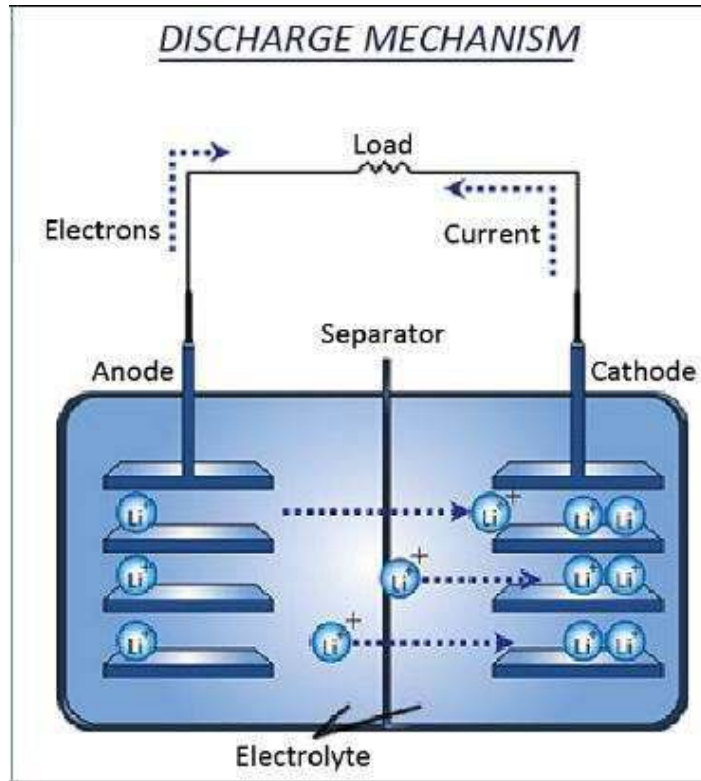
Didalam Baterai sekunder terdapat elektroda negatif atau anoda yang berkaitan dengan reaksi oksidasi setengah sel yang melepaskan elektron kedalam sirkuit eksternal. Dan elektroda positif atau katoda dimana terjadi reaksi setengah sel, yaitu reaksi reduksi yang menerima elektron dari sirkuit luar sehingga reaksi kimia reduksi terjadi pada katoda. Material aktif yang umumnya berbasiskan material keramik yang mampu bereaksi secara kimia menghasilkan aliran arus listrik selama baterai mengalami proses *charging* dan *discharging*. Reaksi kimia dalam baterai sekunder bersifat *reversible*. Kemampuan kapasitas energi yang tersimpan dalam baterai lithium tergantung pada beberapa banyak ion lithium yang dapat disimpan dalam struktur bahan elektrodanya dan beberapa banyak yang dapat digerakkan dalam proses *charging* dan *discharging*, karena jumlah arus elektron yang tersimpan dan tersalurkan sebanding dengan jumlah ion lithium yang bergerak.

Pada proses *charging*, material katoda akan terionisasi, menghasilkan ion lithium bermuatan positif dan bermigrasi kedalam elektrolit menuju komponen anoda, sementara elektron yang diberikan akan dilepaskan bergerak melalui rangkaian luar menuju anoda. Ion lithium ini akan masuk kedalam anoda melalui mekanisme interkalasi.



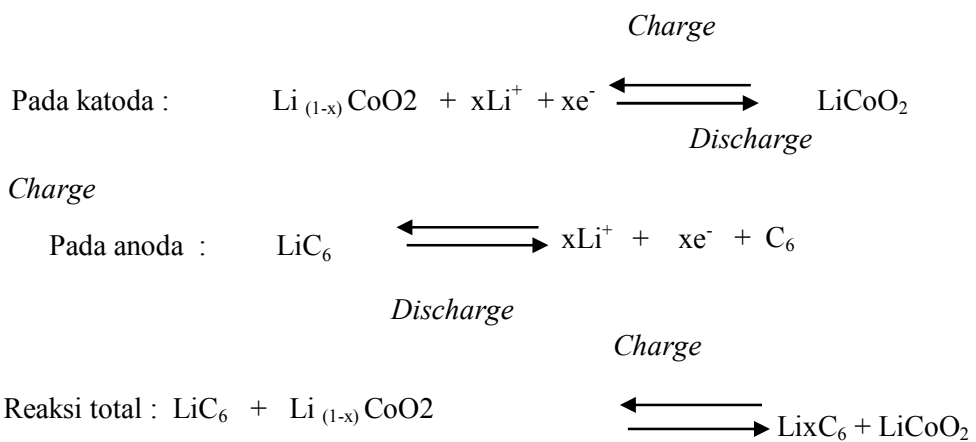
Gambar 2.12 Proses *Charging* pada baterai lithium

Pada proses discharging, material anoda akan terionisasi, menghasilkan ion lithium bermuatan positif dan bermigrasi kedalam elektrolit menuju komponen katoda, sementara elektron yang diberikan akan dilepaskan bergerak melalui rangkaian luar menuju katoda. Ion lithium ini akan masuk kedalam katoda melalui mekanisme interkalasi.



Gambar 2.13 Proses *Discharging* pada baterai lithium

Reaksi yang terjadi pada sistem LIBs tersebut merupakan reaksi reduksi dan oksidasi. Reaksi reduksi adalah reaksi penambahan elektron oleh suatu molekul atau atom sedangkan reaksi oksidasi adalah reaksi pelepasan elektron pada suatu molekul atau atom. Sebagai contoh, misalkan kita memakai  $\text{LiCoO}_2$  sebagai katoda,  $\text{Li}_2\text{C}_6$  sebagai anodanya. Maka reaksi yang terjadi adalah:



## *Discharge*

Suatu material elektrokimia dapat berfungsi baik sebagai elektroda anoda maupun katoda bergantung pada pemilihan material (*material selection*) yang akan menentukan karakteristik perbedaan nilai tegangan kerja (*working voltage*) dari kedua material yang dipilih. Potensial tegangan yang terbentuk antara elektroda anoda dan katoda bergantung dari reaksi kimia reduksi-oksidasi dari bahan elektroda yang dipilih. Beberapa material dapat berfungsi sebagai anoda terhadap material katoda lainnya jika memiliki potensial  $\text{Li}^+$  yang lebih rendah. Contoh, grafit adalah anoda dalam sistem elektroda  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ , namun akan berfungsi sebagai katoda saat dipasangkan dengan elektroda Li metal sebagai anodanya.

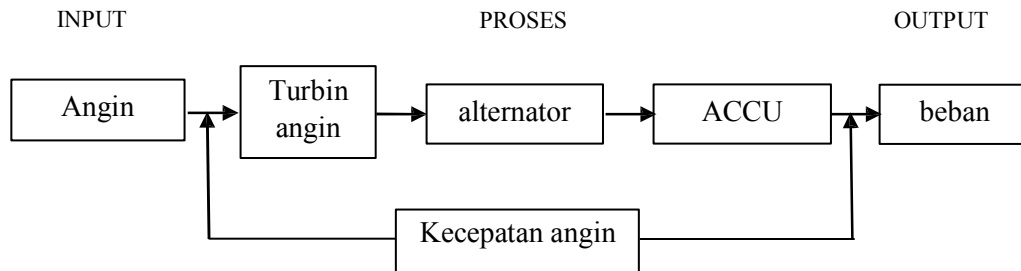


# BAB III PERANCANGAN SISTEM

## 3.1 Perancangan alat

### 3.1.1 Diagram blok

Diagram blok pada sistem ini ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem

Pada prinsipnya dari penggunaan alternator mobil ini merupakan sebagai alat yang digunakan untuk salah satu pembangkit listrik alternatif yang ramah lingkungan, tidak menimbulkan polusi, biaya perawatan yang murah atau bahkan tanpa memerlukan perawatan yang berarti tanpa memerlukan bahan bakar, karena sumber energinya diperoleh dari alam secara cuma-cuma. Dapat dikatakan bahwa pembangkit ini mempunyai keandalan yang tinggi karena pembangkit tersebut dapat bekerja dalam waktu yang lama, biaya operasi yang rendah dan ramah lingkungan.

Alternator adalah salah satu komponen yang sangat penting. Alternator mobil ini mengeluarkan tenaga listrik AC dengan memanfaatkan putaran tenaga angin kemudian diubah menjadi tenaga listrik DC sebelum disupply ke akumulator. Oleh karena itu tidak diperlukan tenaga operator untuk mengoperasikan kerja dari alternator tersebut.

Untuk lebih jelasnya lagi dibawah ini dijelaskan dari masing-masing blok diagram tersebut :

1. Baling-baling merupakan alat untuk menangkap perputaran angin
2. Alternator berfungsi mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik.
3. Akumulator berfungsi untuk menyimpan energi listrik.

4. Beban merupakan perangkat yang memerlukan daya listrik agar dapat bekerja.

### 3.1.2 Diagram alir rancangan sistem

Berikut adalah diagram alir rancangan sistem pembangkit listrik tenaga bayu (angin) , yang dapat dilihat pada gambar 3.2 :



Gambar 3.2 Diagram Alir Sistem

### 3.1.3 Prinsip kerja komponen

Rancangan menggunakan beberapa komponen yang diintegrasikan menjadi 1 sistem. Ada pun fungsi dan cara kerja komponen dalam sistem adalah sebagai berikut:

1. Turbin angin

Turbin yang dipakai pada rancangan sistem ini adalah jenis turbin sumbu vertical, mempunyai delapan sudu yang terbuat dari lingkaran sepeda 20 inch dan pipa paralon yang dirakit sedemikian rupa, yang dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut:



Gambar 3.3 Turbin Angin Vertikal

2. Shaft

Pada sistem ini menggunakan shaft atau poros 20mm, yang dapat dilihat pada gambar 3.4 berikut:



Gambar 3.4 shaft

3. Bearing

Bearing merupakan komponen mekanikal yang berfungsi untuk mengurangi gesekan antara dua komponen yang bergerak, menunjang

kedudukan putaran komponen, serta memperlancar putaran pada poros yang berputar terhadap komponen yang diam, pada sistem ini menggunakan bearing ukuran 20 mm. yang dapat dilihat pada gambar 3.5 berikut:



Gambar 3.5 *Bearing*

#### 4. *Pulley*

Pada sistem ini digunakan pulley ukuran 14 inch yang terhubung ke alternator, terbuat dari bahan aluminium, dapat dilihat pada gambar 3.6 berikut:



Gambar 3.6 *Pulley*

#### 5. Belting

Sebagai pengh  
poros turbin da  
mesin jahit. yan



bungkan putaran pada  
menggunakan belting  
kut:

Gambar 3.7 Belting

#### 6. Alternator

Alternator adalah komponen yang berfungsi mengubah energi gerak menjadi energi listrik. Rancangan ini menggunakan alternator mobil Mitsubishi japan 12V 40A sebagai pengganti generator untuk membangkitkan tegangannya, dengan cara alternator dipasang dan dikopel dengan poros kincir angin sehingga poros alternator akan ikut berputar saat kincir berputar. Putaran tersebut membuat kumparan dalam alternator berinteraksi dengan magnet permanen sehingga menghasilkan listrik pada kedua terminal. Listrik tersebut adalah output alternator untuk menghidupkan beban listrik. Pada alternator ini juga sudah dilengkapi dengan IC regulator sehingga keluarannya adalah arus searah atau DC. yang dapat dilihat pada gambar 3.8 berikut:



Gambar 3.8 Alternator

#### 7. Baterai

Disebut juga sebagai akumulator, sebagai penyimpan daya, dimana pada saat alternator berputar tanpa penguat dari tegangan baterai, maka baterai berfungsi sebagai penguat awal untuk memulai proses eksitasi pada alternator, baterai yang dipakai pada rancangan ini adalah AKI Mobil GS Astra 12v dapat dilihat pada gambar 3.9 berikut:



Gambar 3.9 Baterai

8. Multitester

Sebagai alat ukur untuk  
dapat dilihat pada gambar



an arus pada sistem ini, yang

Gambar 3.10 Multitester

9. Anemometer

Sebagai alat ukur untuk kecepatan angin, yang dapat dilihat pada gambar  
3.11 berikut:



Gambar 3.11 Anemometer

## 10. Kipas angin

Sebagai simulasi angin pada sistem ini, yang dapat dilihat pada gambar 3.12 berikut:



Gambar 3.12 Kipas Angin

### 3.1.4 Langkah kerja sistem secara keseluruhan

1. Pemasangan seluruh komponen pada rangka.
2. Pengukuran tegangan pada alternator.

Pengatur tegangan menjaga agar dalam waktu kerja tegangan alternator tetap konstan dalam batas – batas tertentu. Meskipun dalam hal itu jumlah putaran banyak berubah dan terjadi banyak perubahan beban oleh semua pemakainya. Oleh karena itu pengatur menyesuaikan dengan arus medan secara lancar, pengatur itu mampu untuk mempertahankan tegangan alternator pada 12 volt.

Pada pengatur itu diisi dari apa yang disebut dioda medan atau dioda pembantu dalam alternator. Semua dioda medan itu diuntaikan secara lancar kepada beberapa dioda induk positif.



Pada semua kincir angin mempunyai pengaruh yang mengganggu yaitu bahwa jumlah putaran dipertinggi tanpa keharusan. Dalam hal ini sebaiknya dipakai berbagai pengatur mekanis, yang tidak menimbulkan kehilangan tegangan. Lagipula, kalau dikehendaki pada semua pengatur tegangan adalah mungkin untuk melaraskan tegangan pengaturnya sedikit lebih tinggi, sehingga kehilangan tegangan pada semua saluran keluar (output) dapat diimpaskan. Kini biasanya pada alternator dipakai sebuah pengatur elektronis. Karena semua ukurannya yang kecil dan karena getarannya alat itu sering dipasang dalam alternator itu sendiri. Sesuai dengan asas elektronik terjadi kehilangan tegangan pada semua pengatur eletronis.

Tegangan sel pada sebuah accu biasa adalah 2V/sel. Tetapi sebetulnya tegangan kerjanya adalah lebih tinggi. Seperti diketahui, guna mengalirkan arus melalui sebuah accu, tegangan alternatornya harus lebih tinggi dari tegangan accu itu sendiri. Dipihak lain harus dijaga supaya tegangan itu tidak terlalu tinggi guna mencegah mendidihnya (gas) dari accu. Sebagai tegangan pengatur yang aman pada 20° C harus dipertahankan 2,35 V/sel sampai 2,4 V/sel. Bagi accu 12V hal itu berarti tegangan kerja sebesar 14,1 V-14,4 V.

Pengaturan diselaraskan pada accu dan selain itu dirakitkan sedemikian rupa, sehingga pada suhu yang lebih rendah tegangan pengatur dengan sendirinya akan menjadi lebih tinggi dan pada suhu yang lebih tinggi akan menjadi lebih rendah.

### 3. Pengukuran parameter.

Kecepatan pada kipas angin	Tegangan alternator	Kecepatan angin pada anemometer
1		
2		
3		

Tabel 3.1 Pengukuran alternator mobil