



**RANCANG BANGUN KINCIR ANGIN PADA SUMBU HORIZONTAL
SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN DI LABORATORIUM TEKNIK
ELEKTRO UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI MEDAN**

**Disusun dan Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Akhir
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik dari Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Pembangunan Panca Budi**

SKRIPSI

OLEH

**NAMA : IIN KUMALA SARI
NPM : 1724210120
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
PEMINATAN : TEKNIK ENERGI LISTRIK**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
MEDAN
2019**

RANCANG BANGUN KINCIR ANGIN PADA SUMBU HORIZONTAL SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN DI LABORATORIUM TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI MEDAN

Iin Kumala Sari

Herdianto

Siti Anisah

Universitas Pembangunan Panca Budi

ABSTRAK

Kincir angin pada sumbu horizontal sebagai salah satu inovasi untuk mengembangkan jenis kincir angin dengan menggunakan generator magnet permanen dan motor DC yang dapat memberikan informasi potensi energi terbarukan, operasional pembangkit serta sifat dan karakteristik kincir angin dengan sumbu horizontal. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 4 sudu berbahan PVC dengan diameter baling-baling adalah 33,5 cm dan lebar tiap permukaan adalah 5,5 cm serta menggunakan tiang penyangga dari besi dengan tinggi 20 cm dari permukaan tanah. *Prototype* ini menggunakan 2 (dua) mesin DC tipe 775 v42, 4.800 rpm dan generator magnet permanen 3.000 rpm. Pada prinsipnya *prototype* ini bekerja dengan 2 (dua) sistem yaitu dengan motor DC dan generator, ketika menjadi motor DC berfungsi sebagai penggerak untuk memutar baling-baling pada kincir angin, sedangkan ketika menjadi generator dibutuhkan penggerak dari luar (berupa angin) untuk memutar baling-baling pada kincir angin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan putar kincir angin maka semakin tinggi juga tegangan keluaran yang dihasilkan oleh generator. Hal ini juga mempengaruhi waktu pengisian pada baterai, yang mana sistem pengisian dapat terjadi jika tegangan yang masuk pada baterai lebih dari 10 volt dengan kecepatan pada baling-baling lebih dari 2.530 rpm.

Kata kunci : Generator *High Speed*, Motor DC, Energi Terbarukan, Kincir Angin dengan Sumbu Horizontal

Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro: iinsari151293@gmail.com

Dosen Program Studi Teknik Elektro

DAFTAR ISI

| | |
|----------------------|-----|
| ABSTRAK | |
| KATA PENGANTAR | i |
| DAFTAR ISI | iii |
| DAFTAR TABEL | vi |
| DAFTAR GAMBAR..... | vii |

BAB 1 PENDAHULUAN

| | |
|------------------------------|---|
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah | 3 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 4 |
| 1.6 Metode Penelitian | 4 |
| 1.7 Kerangka Berfikir | 5 |

BAB 2 DASAR TEORI

| | |
|---|----|
| 2.1 Kincir Angin | 7 |
| 2.1.1 Kincir Angin Sumbu Vertikal / <i>Vertical Axis Wind Turbin</i> (VAWT)..... | 8 |
| 2.1.2 Kincir Angin Sumbu Horizontal / <i>Horizontal Axis Wind Turbin</i> (HAWT)..... | 10 |
| 2.2 Konstruksi Kincir Angin..... | 16 |
| 2.2.1 Sudu/ Baling-Baling (<i>Blade</i>) | 16 |
| 2.2.2 Rotor..... | 17 |
| 2.2.3 Mesin DC..... | 18 |
| 2.2.4 Alat Pengatur Kecepatan (<i>Speed Controller</i>) | 22 |
| 2.2.5 Tiang Penyangga (<i>Tower</i>)..... | 22 |

| | | |
|--------------|--|----|
| 2.3 | Penyimpanan Energi (Baterai)..... | 23 |
| 2.3.1 | Alat Pengisian Baterai/Aki (<i>Charge Controller</i>) | 26 |
| 2.4 | Inverter..... | 28 |
| 2.5 | Lampu Pijar..... | 29 |
| 2.6 | Angin | 30 |
| 2.6.1 | Sifat Angin..... | 30 |
| 2.6.2 | Kecepatan Angin..... | 31 |
| 2.6.3 | Energi Angin | 34 |
| | | |
| BAB 3 | KONSEP PERANCANGAN | |
| 3.1 | Gambaran Umum..... | 36 |
| 3.2 | Blok Diagram Sistem..... | 36 |
| 3.3 | Alat dan Bahan..... | 39 |
| 3.4 | Perancangan Perangkat Keras..... | 40 |
| 3.4.1 | Pembuatan Kincir Angin | 40 |
| 3.4.2 | Rangkaian Pengisian Baterai (<i>Charge Controller</i>) | 43 |
| 3.4.3 | Rangkaian Pengosongan Baterai | 44 |
| 3.4.4 | Rangkaian Keseluruhan..... | 45 |
| 3.5 | <i>Flowchart</i> | 46 |
| | | |
| BAB 4 | HASIL DAN ANALISA | |
| 4.1 | Alat Hasil Perancangan..... | 49 |
| 4.2 | Pengujian Sistem <i>Prototype</i> Kincir Angin Sumbu Horizontal | 50 |
| 4.2.1 | Pengujian <i>Prototype</i> Kincir Angin Dengan Sumber Tenaga Dari Kipas Angin..... | 50 |
| 4.2.2 | Pengujian <i>Prototype</i> Kincir Angin Dengan Sumber Tenaga Kincir Dari Motor DC | 53 |
| 4.2.3 | Pengujian Kecepatan Putar Kincir Angin Terhadap Waktu Pengisian Baterai..... | 56 |

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

| | |
|----------------------|----|
| 5.1 Kesimpulan | 59 |
| 5.2 Saran | 60 |
| | |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 61 |
| LAMPIRAN I..... | 63 |
| LAMPIRAN II..... | 70 |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam kehidupan manusia energi adalah salah satu kebutuhan pokok. Kebutuhan energi masyarakat pada umumnya terus meningkat seiring pula dengan bertambahnya jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi, dan pola konsumsi energi itu sendiri, hal ini berbanding terbalik dengan jumlah energi fosil yang sangat terbatas dan terus berkurang. Energi fosil itu sendiri selama ini merupakan sumber energi utama dalam memenuhi kebutuhan energi masyarakat, terutama sebagai sumber energi pembangkit listrik. Penggunaan energi fosil memiliki beberapa dampak negatif, baik dari segi lingkungan ataupun dari segi perekonomian negara. Bagi lingkungan, pemakaian energi fosil dapat mencemari udara dan pemanasan global yang pada akhirnya akan menyebabkan rusaknya lingkungan. Bagi perekonomian negara, penggunaan energi fosil yang tidak mampu memenuhi kebutuhan energi nasional mengakibatkan Indonesia harus mengimpor minyak pada tahun 2016 yaitu sebesar 148 juta barel (ESDM, 2016) dimana hal ini berimplikasi terhadap cadangan devisa negara.

Menurut Peraturan Pemerintah (PP) No. 79 tahun 2014, angin adalah salah satu sumber energi terbarukan yang dikembangkan saat ini. Energi angin termasuk energi terbarukan yang didefinisikan sebagai energi yang secara cepat dapat diproduksi kembali melalui proses alam. Beberapa kelebihan dari energi terbarukan seperti

angin adalah: sumbernya relatif mudah didapat, dapat diperoleh dengan gratis, minim limbah, tidak mempengaruhi suhu bumi secara global, dan tidak terpengaruh oleh kenaikan harga bahan bakar.

Merujuk pada penelitian Hasyim dkk (2012) yang berjudul “Analisis *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Turbin Angin Horizontal dan Generator Magnet Permanen Tipe Axial” dari hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa tegangan yang dihasilkan adalah 95 volt dan arus 4,8 mili ampere pada saat kecepatan angin 5,6 m/detik dengan putaran generator 685 rpm dengan menggunakan 3 buah kincir, dimana sistem mampu melakukan proses pengisian *accumulator* jika kecepatan angin diatas 2,5 m/detik. Pada penelitian lainnya yang dilakukan oleh Isyanda dkk (2015) diketahui bahwa untuk menghasilkan listrik dari pembangkit listrik dengan turbin angin sumbu tegak dapat diaplikasikan baik di daerah pesisir maupun perkotaan karena turbin angin selalu dapat berputar walaupun tiupan angin berkecepatan rendah dan berubah-ubah, lalu ada juga penelitian yang dilakukan oleh Mustaqim dkk (2016) yang membahas tentang “Studi Eksperimen Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Kerja Turbin Angin Horizontal Berbasis NACA 4415”. Dari hasil penelitian ditemukan bahwa ketika pengujian tanpa beban maka variasi 3 sudu menghasilkan daya lebih besar dibandingkan dengan variasi 4 atau 5 sudu. Sementara dari hasil pengujian dengan beban ditemukan bahwa variasi 5 sudu menghasilkan daya lebih besar di bandingkan variasi 3 sudu atau 4 sudu.

Berdasarkan 3 (tiga) penelitian diatas maka penulis mencoba menganalisi dan merancang *prototype* kincir angin pada sumbu horizontal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dengan latar belakang tersebut maka permasalahan yang akan dibahas penulis dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang *prototype* kincir angin pada sumbu horizontal ?
2. Bagaimana proses pengisian baterai pada sistem kerja *prototype* kincir angin pada sumbu horizontal ?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini yang menjadi batasan masalah adalah:

1. Perancangan dan pembuatan sistem kincir angin pada sumbu horizontal dalam bentuk *prototype*.
2. Menggunakan motor DC tipe 775 v42 dengan 300 watt 3-8 volt 4800 rpm dan generator kincir angin DC magnet permanen 30 watt 12 volt 3000 rpm sebagai pengubah energi gerak menjadi energi listrik dalam perancangan kincir angin sumbu horizontal.
3. Menggunakan aki 12 volt, 5Ah
4. Alat ini dapat bekerja secara efisien jika kecepatan pada baling-baling kincir angin diatas 2.530 rpm.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk merancang dan membuat *prototype* kincir angin pada sumbu horizontal.

2. Untuk mengetahui cara uji dan implementasi waktu yang dibutuhkan pada pengisian baterai.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan alat dalam penelitian ini adalah:

1. Bagi Mahasiswa/i, sebagai sumbangan pemikiran untuk pertimbangan dalam pembangunan pembangkit listrik tenaga angin.
2. Bagi Universitas, sebagai bahan rujukan untuk penelitian yang relevan terhadap penelitian selanjutnya.
3. Bagi Masyarakat, sebagai dukungan untuk perkembangan teknologi terbarukan yang ramah lingkungan yang dapat dimanfaatkan dalam penerapan industri rumah tangga skala kecil ataupun gedung-gedung tinggi yang memiliki potensi angin.

1.6 Metode Penelitian

Dalam penulisan skripsi ini dibutuhkan berbagai data yang menunjang dalam penulisan dan pengumpulan data, penulis melakukan penelitian dengan cara sebagai berikut:

1. Studi literatur dan referensi, yaitu mempelajari buku-buku literatur, artikel, dan sumber lain yang berkaitan dengan topik penelitian.
2. Studi laboratorium, yaitu melakukan perancangan, pembuatan alat, penelusuran kesalahan dan melakukan percobaan alat melalui sistem dan peralatan yang sesuai dengan memanfaatkan fasilitas laboratorium secara optimal.

3. Studi konsultasi, yaitu berupa tanya jawab dengan dosen pembimbing ataupun pihak-pihak yang mempunyai wawasan terkait penelitian supaya tidak terjadi kesalahan dalam melakukan penelitian.

1.7 Kerangka Berfikir

Adapun sistematika penulisan dalam penelitian ini secara garis besar disusun dalam lima bab sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 DASAR TEORI

Bab ini membahas teori dasar yang digunakan sebagai bahan acuan dalam pembuatan perancangan alat untuk penelitian, serta komponen yang perlu diketahui untuk mempermudah dalam memahami sistem kerja alat ini.

BAB 3 KONSEP PERANCANGAN

Bab ini membahas proses merancang dan membuat sistem mulai dari blok diagram sistem hingga merancang dan membuat mekanik dari perangkat keras.

BAB 4 HASIL DAN ANALISA

Bab ini membahas hasil pengujian alat sebagai pembuktian dan pembahasan pada bab-bab sebelumnya yang telah diterapkan ke dalam alat ini dan penjelasan rangkaian-rangkaian yang digunakan.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

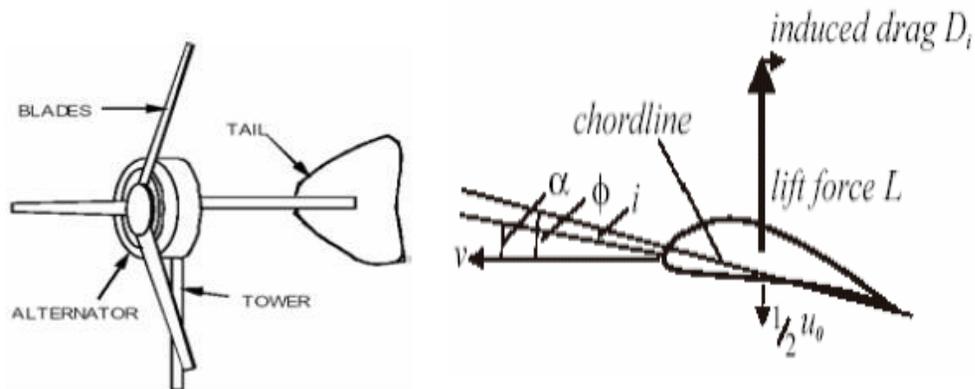
Bab ini membahas kesimpulan dari penelitian ini serta saran dari penelitian selanjutnya.

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 Kincir Angin

Turbin angin atau dalam bahasa sederhana disebut kincir angin merupakan turbin yang digerakkan oleh angin, yaitu merupakan udara yang bergerak diatas permukaan bumi. Kincir angin/ turbin angin adalah sebuah alat yang berfungsi untuk mengubah energi gerak (kinetik) angin menjadi energi mekanik pada poros turbin. Energi angin dikonversikan menjadi energi putar oleh rotor, dengan atau tanpa roda gigi. Putaran rotor tersebut biasanya digunakan untuk memutar generator yang akan menghasilkan energi listrik (Iqbal, 2018). Ketersediaan angin dengan kecepatan yang memadai menjadi faktor utama dalam implementasi teknologi kincir angin.



Gambar 2.1 Prinsip Dasar Kincir Angin

Sumber: Iqbal, 2018

Melalui perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, saat ini angin menjadi salah satu energi terbarukan dan kincir angin lebih banyak dipakai untuk

mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip konversi energi dengan daya alam yang dapat diperbaharui, dan banyak negara termasuk Indonesia sendiri melakukan pengembangan dalam teknologi angin. Walaupun hingga saat ini pembangunan kincir angin/ turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional seperti: Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN), dan lain-lain (Prabhadhanu, 2016).

Perhitungan daya yang mampu dihasilkan untuk sebuah kincir angin dengan diameter sudu adalah:

$$P = \frac{1}{2} \rho \pi R^2 v^2 \quad (2.1)$$

Dimana, P : daya yang dihasilkan kincir angin (Watt)

ρ : kerapatan angin pada waktu tertentu,

v : kecepatan angin (m/s)

π : 22/7 atau 3,14

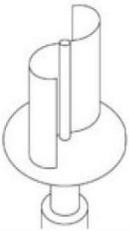
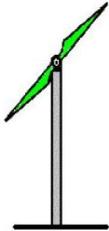
R : jari-jari (m)

Dalam perkembangannya, kincir angin dibagi menjadi 2 (dua) jenis kincir angin yaitu:

2.1.1 Kincir Angin Sumbu Vertikal / *Vertical Axis Wind Turbin* (VAWT)

Merupakan kincir angin yang sumbu rotasinya tegak lurus terhadap permukaan tanah. Kincir angin sumbu vertikal banyak digunakan dalam skala kecil karena dapat diletakkan dekat dengan permukaan tanah. Berdasarkan tipe mesinnya terdiri dari:

- a. Tipe Dorong (Savonius), yakni memiliki bentuk yang bervariasi, seperti ember, dayung, layar, tangki. Rotornya berbentuk, kecepatan maksimum *blade* yang dihasilkan hampir sama dengan kecepatan angin. Ujung *blade* tidak pernah bergerak lebih cepat daripada kecepatan angin.
- b. Tipe Angkat (Darrieus), yakni memiliki ukuran *blade* yang disusun dalam posisi simetris dengan diatur relatif pada poros. Pengaturan ini cukup efektif untuk menangkap berbagai arah angin. Tipe ini bergerak dengan memanfaatkan gaya angkat yang terjadi ketika angin bertiup, biasanya memakai dua atau tiga sudu. Turbin jenis ini lebih banyak daya *output* dan memiliki efisiensi tinggi.
- c. Tipe H-Rotor, yakni tipe yang mengatur semua kecepatan angin untuk mencapai kecepatan putaran optimalnya.

| Savonius VAWT | Hellical VAWT | Darrieus VAWT | 3-Blades HAWT | 2-Blades HAWT |
|---|---|---|--|---|
|  |  |  |  |  |

Gambar 2.2 Kincir Angin Sumbu Vertikal Berdasarkan Tipe Mesinnya

Sumber: Prabadhanu, 2016

Kelebihan dari kincir angin sumbu vertikal yaitu:

- a. Kincir angin jenis ini tidak memerlukan perawatan yang ekstra, sehingga tidak membutuhkan biaya yang lebih banyak untuk merawatnya.
- b. Kincir ini juga sangat mudah dirawat karena letaknya yang dekat dengan tanah.
- c. Kincir jenis ini dapat memulai dengan kecepatan angin rendah dibandingkan dengan turbin horizontal.

Kekurangan dari kincir angin sumbu vertikal yaitu:

- a. Memiliki penurunan efisiensi ini dikarenakan adanya hambatan tambahan yang mereka miliki sebagai pisau memutar ke angin.
- b. Memiliki kecepatan angin yang rendah, karena kincir ini memiliki rotor yang dekat dengan tanah (Rusidin, 2016).

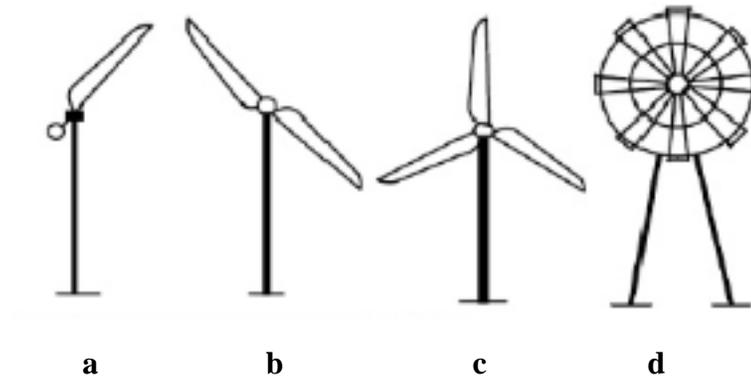
2.1.2 Kincir Angin Sumbu Horizontal / *Horizontal Axis Wind Turbin* (HAWT)

Kincir angin sumbu horizontal merupakan kincir angin yang sumbu rotasi rotornya paralel terhadap permukaan tanah. Kincir angin sumbu horizontal memiliki poros rotor utama dan generator listrik di puncak menara dan diarahkan menuju dari arah datangnya angin untuk dapat memanfaatkan energi angin. Rotor kincir angin kecil diarahkan menuju arah datangnya angin dengan pengaturan baling-baling angin sederhana, sedangkan kincir angin besar umumnya menggunakan sensor angin dan motor yang mengubah rotor

kincir mengarah ke angin. Berdasarkan prinsip aerodinamis, rotor kincir angin sumbu horizontal mengalami gaya *lift* dan gaya *drag*, namun gaya *lift* jauh lebih besar dari gaya *drag* sehingga rotor kincir ini lebih dikenal dengan rotor kincir tipe *lift*.

Berdasarkan jumlah sudu, turbin angin sumbu horizontal terbagi menjadi:

- a) Kincir angin satu sudu (*single blade*)
- b) Kincir angin dua sudu (*double blade*)
- c) Kincir angin tiga sudu (*three blade*)
- d) Kincir angin banyak sudu (*multi blade*)



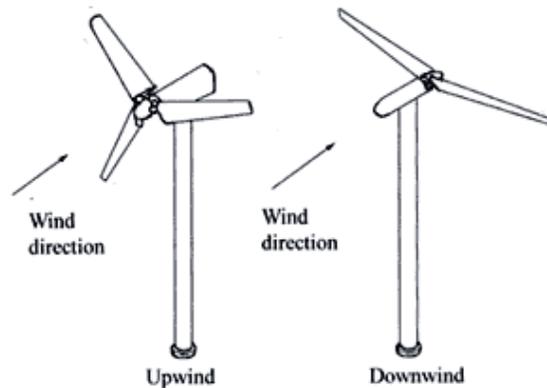
Gambar 2.3 Jenis Sudu Berdasarkan Kincir Angin

Sumber: Mukhtar, 2016

Berdasarkan tipe mesinnya terdiri dari:

- a. Mesin *Upwind*, yakni rotor berhadapan dengan angin. Rotor didesain tidak fleksibel dan diperlukan mekanisme untuk menjaga rotor agar tetap berhadapan dengan angin.

- b. Mesin *Downwind*, yakni rotor ditempatkan di belakang *tower*. Rotor dapat dibuat lebih fleksibel, lebih ringan daripada mesin *upwind*. Kelemahannya adalah bahwa angin harus melewati *tower* terlebih dulu sebelum sampai pada rotor, sehingga menambah beban pada turbin.



Gambar 2.4 TASH *Upwind dan Downwind*
Sumber: Mukhtar, 2016

Kincir angin dengan sumbu horizontal terbagi menjadi 4(empat) macam yakni :

a. Kincir Angin Propeller

Kincir angin jenis ini memiliki poros rotor utama dan generator listrik di puncak menara. Turbin berukuran kecil diarahkan oleh sebuah baling-baling angin yang sederhana, sedangkan turbin angin yang berukuran besar pada umumnya menggunakan sebuah sensor angin yang digabungkan dengan sebuah motor servo. Sebagian besar memiliki sebuah *gearbox* yang mengubah putaran kincir yang pelan menjadi lebih cepat.

Karena sebuah menara menghasilkan turbulensi dibelakangnya, turbin biasanya diarahkan melawan arah angin. Setiap bilahnya dibuat kaku agar tidak melengkung atau terdorong kearah menara oleh angin berkecepatan tinggi. Sebagai tambahan, bilah-bilah itu diberi jarak ruang tertentu dengan menara dan sedikit dimiringkan. Oleh karena itu, sebagian besar jenis kincir angin sumbu horizontal merupakan *upwind* (melawan arah angin).



Gambar 2.5 Kincir Angin Propeller

Sumber: Prabhadhanu, 2016

b. Kincir Angin Kinderdijk (*Dutch Windmill*)

Dutch Windmill atau Windmolen berasal dari negara Belanda, salah satunya berada di desa Kinderdijk, Rotterdam. Kincir angin ini dibangun pada tahun 1740. Kincir angin Kinderdijk ini memiliki fungsi yang sama dengan *Cretan Sail Windmill*, yaitu berfungsi sebagai mekanisme penggilingan biji gandum guna memproduksi tepung gandum, sedangkan fungsi utamanya sebagai mekanisme manajemen air.



Gambar 2.6 Dutch Windmill
Sumber: Prabhadhanu, 2016

c. Kincir Angin Jib (*Cretan Sail Windmill*)

Cretan Sail Windmill dibangun tahun 1850. Model ini merupakan model yang unik dan indah. Hampir seluruh komponennya berbahan kayu. Nama lain kincir ini adalah *Jib Windmill* karena memiliki layar segitiga yang terbuat dari kain kanvas. Awal ditemukannya pada abad ke-7 di daerah Mediterania merupakan kincir tradisional.



Gambar 2.7 Cretan Sail Windmill
Sumber: Prabhadhanu, 2016

d. Kincir Angin Amerika (*American Windmill*)

Kincir angin yang dirancang untuk memompa air tanah. Kincir angin ini dibangun oleh Daniel Halladay pada tahun 1854. Mekanisme kincir ini digunakan untuk membantu kebutuhan kerja seperti: menggiling dan memecah benih padi serta gandum, menggergaji balok-balok kayu. Selain itu penggunaan kincir ini lebih banyak sebagai pompa air kemudian air disimpan kedalam bejana besar yang terletak disisi kincir tersebut. Pada abad ke-19 bahan dasar besi mulai digunakan untuk menggantikan konstruksi sebelumnya yang berbahan kayu untuk bilah pisaunya.



Gambar 2.8 American Windmill

Sumber: Prabhadhanu, 2016

Kelebihan dari kincir angin sumbu horizontal yaitu:

- a. *Tower* yang tinggi memungkinkan untuk mendapatkan angin dengan kekuatan yang lebih besar untuk mendapatkan energi.

- b. Efisiensi lebih tinggi, ini dikarenakan blade selalu bergerak tegak lurus terhadap angin (Mustaqim, 2016).

Kekurangan dari kincir angin sumbu horizontal yaitu:

- a. Membutuhkan konstruksi *tower* yang besar untuk mendukung komponen lainnya.
- b. Membutuhkan sistem pengereman untuk mencegah turbin mengalami kerusakan pada turbin ketika ada angin kencang.
- c. Membutuhkan pengawasan dan kontrol secara berkala untuk mengarahkan *blade* ke arah angin.

2.2 Konstruksi Kincir Angin

Konstruksi turbin angin terdiri dari:

2.2.1 Sudu/ Baling-Baling (*Blade*)

Sudu merupakan bagian dari sebuah kincir angin berupa plat yang lurus.

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

- a. Bentuk sudu seperti sekrup atau memuntir, sehingga aerodinamisnya semakin baik
- b. Untuk mendapatkan energi yang lebih besar maka sudu langsung dipasang pada rotor
- c. Memperhatikan jumlah sudu yang ideal, jumlah sudu dapat berjumlah 3, 4, 6, dan 12

2.2.2 Rotor

Rotor pada turbin angin berfungsi untuk menerima energi kinetik dari angin dengan mengubahnya ke dalam bentuk energi gerak putar. Pada rotor terdapat sudu/ baling-baling, semakin panjang sudu maka semakin luas area yang dapat menerima hembusan angin (Kurniawan, 2016 dalam Puji S, dkk, 2012).

Daya mekanis adalah daya yang dihasilkan kincir angin akibat adanya kerja dari sudu/baling-baling dengan cara mengkonversi energi kinetik angin menjadi energi mekanik atau energi putar pada poros. Daya mekanis tidak sama dengan daya angin, karena daya mekanis dipengaruhi oleh koefisien daya angin (C_p). Daya mekanis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_T = T \cdot \omega \quad (2.2)$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \quad (2.3)$$

Dimana, P_T : daya yang dihasilkan kincir angin (watt)

T : torsi (Nm)

ω : kecepatan sudut (rad/det)

n : putaran poros (rpm)

Sehingga untuk menghitung besar daya yang dihasilkan dari kincir angin adalah:

$$P_T = T \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \quad (2.4)$$

2.2.3 Mesin DC

Motor listrik mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Kebanyakan motor listrik beroperasi melalui interaksi medan magnet dan konduktor pembawa arus untuk menghasilkan kekuatan, meskipun motor elektrostatis menggunakan gaya elektrostatis. Proses sebaliknya, menghasilkan energi listrik dari mekanik, yang dilakukan oleh generator. Motor listrik dan generator sering disebut sebagai mesin-mesin listrik.

Motor listrik DC (*Direct Current*) merupakan salah satu dari motor DC. Untuk membedakan sebagai generator atau motor dari mesin difungsikan sebagai apa.

Perbedaan prinsip kerja antara generator DC dan motor DC yaitu :

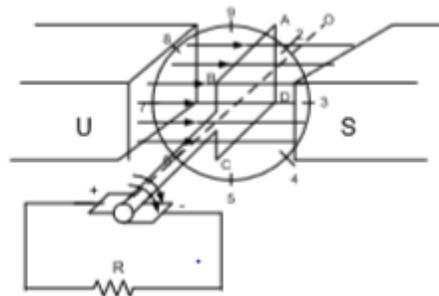
a. Generator DC

Generator DC adalah alat yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik DC. Generator DC mampu mensuplai daya ke luar. Generator DC terdiri dari 2(dua) bagian yakni:

- a) Stator adalah bagian mesin DC yang diam. Terdiri dari rangka motor, belitan stator, sikat arang, bearing dan terminal box.
- b) Rotor adalah bagian mesin DC yang berputar/ bergerak. Terdiri dari komutator, belitan rotor, kipas rotor, dan poros rotor.

Generator DC bekerja berdasarkan prinsip *induksi elektromagnetik* sesuai Hukum Faraday. Bila ada sepotong penghantar dalam medan magnet yang berubah-ubah terhadap waktu, maka penghantar tersebut

akan terbentuk GGL (gaya gerak listrik) induksi. Dengan kata lain induksi bergantung terhadap waktu, yakni semakin cepat terjadinya perubahan medan magnet, GGL (gaya gerak listrik) yang diinduksi akan semakin besar. Disisi lain GGL (gaya gerak listrik) tidak sebanding dengan laju perubahan fluks magnet. Apabila GGL (gaya gerak listrik) induksi dihubungkan dengan suatu rangkaian tertutup dengan hambatan tertentu, maka mengalirlah arus listrik (Theraja,1995)



Gambar 2.9 Suatu Penghantar Yang Diputar Dalam Medan Magnet

Sumber: Theraja, 1995

Medan magnet dihasilkan oleh kumparan medan , sedangkan untuk menghasilkan efek perubahan fluksi maka belitan penghantar diputar oleh *prime mover* (penggerak mula).

Daya listrik adalah daya keluaran yang dihasilkan dari putaran generator. Daya listrik dapat dirumuskan :

$$P_L = V \cdot I \quad (2.5)$$

Dimana, P_L : daya listrik yang dihasilkan generator (watt)

V : tegangan yang dihasilkan oleh generator (volt)

I : arus yang mengalir pada beban (ampere)

b. Motor DC

Motor DC adalah alat yang mengubah energi listrik DC menjadi energi mekanik putar. Motor DC harus disuplai daya dari luar. Motor DC memiliki 3(tiga) bagian utama untuk berputar yaitu:

- a) Dinamo/ *current elecromagnet*. Dimana dinamo silinder terhubung ke as untuk menggerakkan beban.
- b) Kutub medan. Terbagi atas kutub utara dan kutub selatan.
- c) Komutator. Yang berfungsi untuk mentransmisikan arus antara dinamo dan sumber daya.

Pada prinsipnya motor DC menggunakan fenomena elektromagnet untuk bergerak, ketika arus listrik diberikan ke kumparan, maka permukaan kumparan yang bersifat utara akan bergerak menghadap ke magnet yang berkutub selatan dan kumparan yang bersifat selatan akan bergerak ke utara magnet. Karena kutub utara kumparan bertemu dengan kutub selatan magnet ataupun kutub selatan kumparan bertemu dengan kutub utara magnet maka akan terjadi saling tarik menarik yang menyebabkan pergerakan kumparan berhenti (Theraja,1995)

Ketika kutub kumparan berhadapan dengan kutub magnet, arah arus pada kumparan dibalik, dengan demikian kutub utara kumparan akan berubah menjadi kutub selatan dan kutub selatannya akan berubah menjadi kutub utara. Pada saat perubahan kutub tersebut terjadi, kutub

selatan kumparan akan berhadapan dengan kutub selatan magnet dan kutub utara kumparan akan berhadapan dengan kutub utara magnet. Karena kutubnya sama, maka akan terjadi gaya tolak menolak sehingga kumparan kumparan bergerak memutar hingga utara kumparan berhadapan dengan selatan magnet dan selatan magnet dan selatan kumparan berhadapan dengan utara magnet maka arus yang mengalir ke kumparan dibalik dan kumparan akan berputar karena adanya perubahan kutub. Siklus ini akan berulang-ulang hingga arus listrik pada kumparan di putuskan.



Gambar 2.10 Bentuk Motor DC

Sumber : Binus, 2018

Berdasarkan konstruksinya motor DC dibagi menjadi 3 yakni:

- a. Motor DC shunt,
- b. Motor DC seri, dan
- c. Motor DC kompon.

Tabel 2.1. Pemakaian dan sifat-sifat mesin DC

| Jenis Mesin | Sifat-Sifat | Pemakaian |
|-----------------|--|--|
| Mesin DC Shunt | Putaran Tetap (30% dari putaran nominal) | - Kipas, <i>Blower</i> - Mesin pengerjaan logam (<i>mesifffris</i>) |
| | Torsi Awal tidak terlalu tinggi | - Penggerak <i>wiper</i> mobil - Mesin <i>slep</i> |
| Mesin DC Seri | Putaran bervariasi (mudah diatur) | - <i>Traksi</i> (derek) - <i>Krane</i> |
| | Torsi awal tinggi | - <i>Trem</i> , Kereta listrik - Kereta bawah tanah |
| Mesin DC Kompon | Hampir sama dengan mesin DC shunt | Hampir sama dengan mesin DC shunt |

Sumber: Syuhada, 2014

2.2.4 Alat Pengatur Kecepatan (*Speed Controller*)

Pada dasarnya, putaran motor dapat dipengaruhi oleh besar kecilnya tegangan motor, arus jangkar, dan tahanan jangkar dan medan magnet.

Terdapat 2 (dua) hal yang dapat mengontrol motor DC yaitu:

- a) Mengontrol arah yakni dengan menggunakan saklar manual atau *relay* untuk mengubah arah arus yang masuk ke motor DC.
- b) Mengontrol kecepatan motor DC yakni dengan menggunakan tegangan masukan motor yang di *variable*.

2.2.5 Tiang Penyangga (*Tower*)

Tiang penyangga (*Tower*) adalah bagian struktur dari turbin angin sumbu horizontal. *Tower* atau tiang penyangga berfungsi sebagai penopang dari komponen- komponen kincir angin, seperti rotor, generator, dan poros (Kurniawan, 2016 dalam Puji S, dkk, 2012).

Tiang penyangga (*Tower*) dapat dibuat dari pipa baja, beton, rangka besi. Karena kencangnya angin bertambah dengan ketinggian, maka makin tinggi tiang penyangga (*tower*) makin besar tenaga yang didapat. Tinggi tiang penyangga (*tower*) standart untuk skala sedang sekitar 4 sampai 15 meter sednagkan untuk skala besar sekitar 40 sampai 90 meter. Pada umumnya pemilihan tinggi tiang penyangga (*tower*) berada pada ketinggian yang lebih tinggi dari pepohonan maupun bangunan di sekitar lokasi pemasangan.

2.3 Penyimpanan Energi (Baterai)

Alat penyimpan energi digunakan untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh generator sebagai cadangan energi listrik. Alat penyimpan energi memerlukan arus DC (*Direct Current*) untuk mengisi energi. Karena keterbatasan ketersediaan akan energi angin (tidak sepanjang hari angin akan selalu tersedia) maka ketersediaan listrik pun tidak menentu. Oleh karena itu digunakan alat penyimpanan energi yang berfungsi sebagai *back-up* energi listrik. Ketika beban penggunaan daya listrik masyarakat meningkat atau ketika kecepatan angin suatu daerah sedang menurun, maka kebutuhan permintaan akan daya listrik tidak dapat terpenuhi. Oleh karena itu kita perlu menyimpan sebagian energi yang dihasilkan ketika terjadi kelebihan daya pada saat turbin angin berputar kencang atau saat penggunaan daya pada masyarakat menurun. Penyimpanan energi ini diakomodasi dengan menggunakan alat penyimpanan energi. Salah satu alat penyimpanan energi yang dapat digunakan dalam turbin angin adalah baterai/aki. Baterai adalah perangkat yang mengandung sel listrik yang dapat menyimpan energi yang dapat

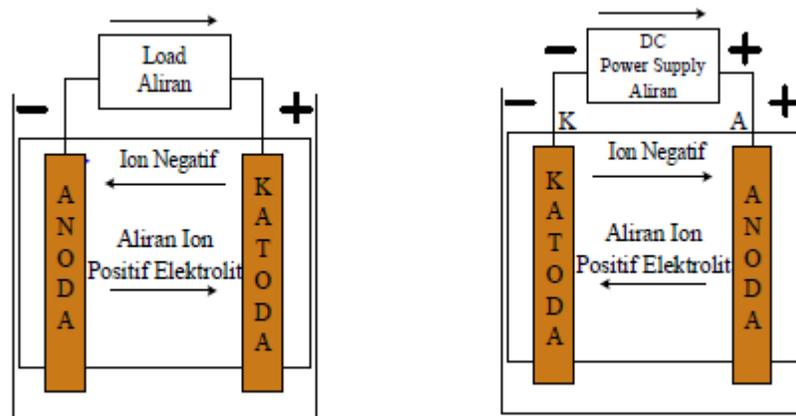
dikonversikan menjadi daya. Didalam baterai berlangsung proses elektrokimia *reversible* (dapat berkebalikan) adalah proses perubahan tenaga kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan didalam sel dengan efisiensi yang tinggi (Manurung, 2015). Kapasitas baterai merupakan kemampuan baterai menyimpan daya listrik yang dapat disimpan dan di keluarkan oleh baterai. Kapasitas baterai dapat dirumuskan

$$Ah = I \times t \quad (2.6)$$

Dimana, Ah : kapasitas aki/ baterai

I : kuat arus (ampere)

t : waktu (jam/sekon)



Gambar 2.11 Proses Pengosongan dan pengisian Baterai

Sumber: Manurung, 2016

Cara kerja baterai yaitu:

- a. Proses pengosongan pada sel berlangsung menurut gambar 2.9. Jika sel dihubungkan dengan beban maka, elektron mengalir dari anoda melalui beban katoda, kemudian ion-ion negatif mengalir ke anoda dan ion-ion positif mengalir ke katoda .
- b. Proses pengisian adalah bila sel dihubungkan dengan *power supply* maka elektroda positif menjadi anoda dan elektroda negatif menjadi katoda. Dimana aliran elektron menjadi terbalik yakni mengalir dari anoda melalui *power supply* ke katoda, ion-ion negatif mengalir dari katoda ke anoda, dan ion-ion positif mengalir dari anoda ke katoda.

Jenis-jenis baterai yaitu:

- a. Baterai Asam (*Lead Acid Storage Acid*)

Ciri-ciri umumnya yaitu:

- a) Tegangan nominal per sel 2 volt.
- b) Ukuran baterai per sel lebih besar dibandingkan dengan baterai alkali.
- c) Nilai berat jenis elektrolit sebanding dengan kapasitas baterai.
- d) Suhu elektrolit sangat mempengaruhi terhadap nilai berat jenis elektrolit, semakin tinggi suhu elektrolit.
- e) Umur baterai tergantung pada operasional kerja makin rendah berat jenis dan sebaliknya.
- f) Nilai jenis berat standart elektrolit tergasi dan pemeliharaan biasanya bisa mencapai 10-15 tahun.

b. Baterai Basa/ Alkali (*Alkaline Storage Battery*)

Ciri-ciri umumnya yaitu:

- a) Tegangan nominal per sel 1,2 volt.
- b) Nilai jenis berat elektrolit tidak sebanding dengan kapasitas baterai.
- c) Umur baterai tergantung pada penggunaan dan perawatan, biasanya dapat mencapai 15-20 tahun.

2.3.1 Alat Pengisian Baterai/Aki (*Charge Controller*)

Charge controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai/ aki. Tegangan DC yang dihasilkan oleh *charge controller* bervariasi dari 12 volt-24 volt. *Charge controller* ini berfungsi sebagai alat pengatur tegangan aki agar tidak melampaui batas toleransi dayanya. Disamping itu, alat pengontrol ini juga mencegah mengalirnya arus dari baterai/aki mengalir balik ke generator ketika proses pengisian sedang berlangsung sehingga aki yang sudah di cas tidak akan terkuras habis tenaganya. Apabila aki atau rangkaian aki sudah terisi penuh, maka aliran DC dari generator akan diputuskan agar aki tersebut tidak lagi menjalani proses pengisian sehingga pengerusakan terhadap baterai bisa dicegah dan usia aki bisa diperpanjang.

Beberapa fungsi dari *charge controller* yaitu:

- a) Mengatur arus untuk pengisian ke baterai menghindari *overcharging*,
dan overvoltage.

- b) Mengatur arus yang dibebaskan/ diambil dari baterai agar baterai tidak *full discharge*, dan *overloading*.
- c) Monitoring temperatur baterai/ aki



Gambar 2.12 Bentuk Fisik Charge Controller
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2019

Charge Controller biasanya terdiri dari 1 *input* (2 terminal) yang terhubung dengan *output* generator, 1 *output* (2 terminal) yang terhubung dengan baterai/ aki dan 1 *output* (2 terminal) yang terhubung dengan beban). Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke generator karena biasanya ada *diode protection* yang hanya dilewati arus listrik DC dari generator ke baterai, bukan sebaliknya. Yang perlu diperhatikan pada *charge controller* yaitu:

- a) Tahan 12 volt atau 24 volt DC
- b) Kemampuan menghantarkan arus DC dari *charge controller*.
- c) Pengisian baterai sampai baterai terisi penuh (*full charge*), dan penghentian penyalpian listrik ke beban karena baterai berada pada tegangan rendah (*low voltage cut*)

Terdapat 2 (dua) jenis teknologi yang umum digunakan oleh *charge controller* yaitu:

- a) PWM (*pulse Wide Modulation*) yakni menggunakan lebar pulsa dari *on* dan *off electrical*, sehingga menciptakan *sine wave electrical form* (gelombang sinus).
- b) MPPT (*Maximum Power Point Tracer*), yang lebih efisien konversi arus antara DC ke DC (*Direct Current/ Arus Searah*). MPPT dapat mengambil daya maksimal dari generator. MPPT *charge controller* dapat menyimpan kelebihan daya yang tidak digunakan oleh beban ke dalam baterai dan apabila daya yang dibutuhkan beban lebih besar dari daya yang dihasilkan oleh generator, maka daya dapat diambil dari baterai.

2.4 Inverter

Rectifier merupakan penyearah. *Rectifier* berfungsi untuk menyearahkan arus AC (*Alternating Current*) yang dihasilkan oleh generator menjadi arus DC (*Direct Current*). *Rectifier* digunakan dalam proses penyimpanan energi pada turbin angin (Kurniawan, 2016).

Inverter merupakan pembalik arah. *Inverter* berfungsi untuk mengubah arus DC (*Direct Current*) menjadi arus AC (*Alternating Current*), sehingga energi listrik dapat disalurkan untuk kebutuhan energi rumah tangga.

2.5 Lampu Pijar

Lampu pijar adalah sumber cahaya buatan yang dihasilkan melalui penyaluran arus listrik melalui filamen yang kemudian memanas dan menghasilkan cahaya. Kaca yang menyelubungi filamen panas tersebut menghalangi udara untuk berhubungan dengannya sehingga filamen tidak akan langsung rusak akibat teroksidasi. Lampu pijar dipasarkan dalam berbagai macam bentuk dan tersedia untuk tegangan kerja bervariasi dari mulai 1,25 volt hingga 300 volt. Energi listrik yang diperlukan lampu pijar untuk menghasilkan cahaya yang terang lebih besar dibandingkan dengan sumber cahaya buatan lainnya seperti lampu pendar dan dioda cahaya, maka secara bertahap pada beberapa negara peredaran lampu pijar mulai dibatasi.

Disamping memanfaatkan cahaya yang dihasilkan beberapa penggunaan lampu pijar lebih memanfaatkan panas yang dihasilkan, contohnya pemanas inframerah dalam proses pemanasan di bidang industri.



Gambar 2.13 Bentuk Fisik Lampu Pijar

Sumber: Wikipedia, 2018

2.6 Angin

Angin adalah udara yang bergerak akibat adanya perbedaan tekanan dengan arah aliran angin dari tempat yang memiliki tekanan tinggi ke tempat yang bertekanan rendah atau dari daerah yang memiliki suhu rendah ke tempat yang bersuhu tinggi. Adanya perbedaan suhu tersebut menyebabkan perbedaan tekanan, akhirnya menimbulkan gerakan udara (Najmudin, 2015). Udara bergerak dari daerah yang memiliki tekanan udara yang tinggi ke daerah yang memiliki tekanan udara yang rendah. Pada dasarnya angin yang bertiup di permukaan bumi terjadi karena adanya penerimaan radiasi surya yang tidak merata di permukaan bumi, sehingga menyebabkan perbedaan suhu (Prabhadhanu, 2016)

Perubahan panas antara siang dan malam merupakan gaya gerak utama siang dan malam 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).

2.6.1 Sifat Angin

Angin memiliki beberapa sifat yaitu:

- a) Angin mempercepat pendingin dari benda panas.
- b) Angin menimbulkan tekanan dari permukaan yang menentang atau menghalangi arah angin tersebut.
- c) Kecepatan angin bervariasi dari suatu tempat ke tempat lain dari waktu ke waktu

2.6.2 Kecepatan Angin

Udara yang bergerak mempunyai massa, kerapatan, dan kecepatan. Sehingga dengan adanya faktor tersebut, angin memiliki energi kinetik dan energi potensial. Akan tetapi faktor kecepatan lebih mendominasi posisi massa terhadap permukaan bumi. Dengan demikian energi kinetik lebih dominan dari pada energi potensial. Perpindahan molekul udara memiliki energi kinetik, sehingga secara lokal jumlah molekul udara berpindah melalui luasan selama selang waktu tertentu menentukan besarnya daya. Luasan ini bukan luasan permukaan bumi tetapi luasan tegak lurus nya. Topografi atau ketinggian berbeda menyebabkan potensi angin berbeda, dan karena adanya angin sebanding dengan kecepatan angin yang kecil pun akan menghasilkan perbedaan daya yang besar. Kondisi dan kecepatan angin menentukan tipe dan ukuran rotor.

Hal yang biasanya dijadikan patokan untuk mengetahui potensi angin adalah kecepatannya. Biasanya yang menjadi masalah kestabilan adalah kecepatan angin. Kecepatan angin akan berfluktuasi terhadap waktu dan tempat. Di Indonesia, kecepatan angin pada siang hari bisa lebih cepat dibandingkan malam hari. Pada beberapa lokasi bahkan pada malam hari tidak terjadi gerakan udara yang signifikan. Untuk situasi seperti ini, perhitungan kecepatan rata-rata dapat dilakukan dengan catatan pengukuran kecepatan angin dilakukan secara berkelanjutan. Karena kecepatan angin umumnya berubah-ubah, maka dalam menentukan kecepatan angin diambil kecepatan

rata-ratanya dalam periode selama waktu sepuluh menit dengan dibulatkan dalam satuan knot atau kilometer per jam maupun meter per detik.

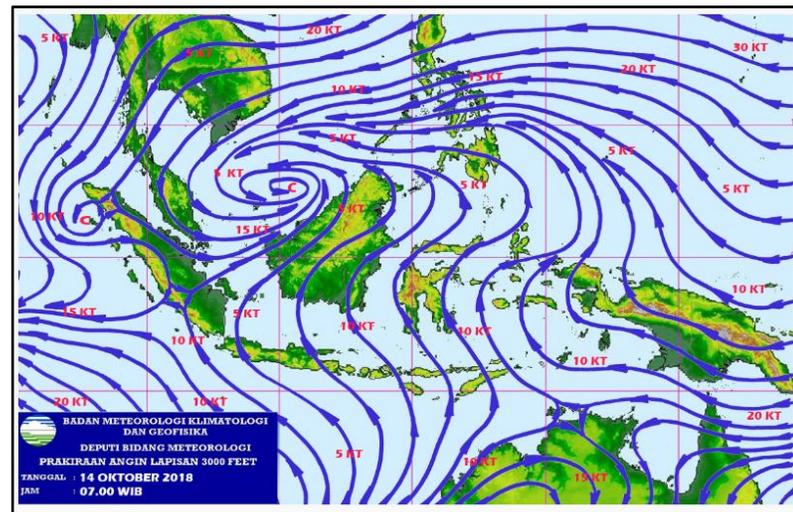
Untuk udara yang bergerak terlalu dekat dengan permukaan tanah, kecepatan angin yang diperoleh akan kecil sehingga daya yang dihasilkan juga kecil dan semakin tinggi akan semakin baik. Syarat dan kondisi angin yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik dengan kincir angin dapat terlihat pada table 2.2 berikut.

Tabel 2.2. Tingkat Kecepatan Angin 10 Meter Diatas Permukaan Tanah

| Tingkat Kecepatan Angin 10 Meter di Atas Permukaan Tanah | | |
|---|------------------|---|
| Kelas | Kecepatan | Kondisi Alam di Daratan |
| 1 | 0,00-0,02 | - |
| 2 | 0,3-1,5 | Angin tenang, asap lurus ke atas |
| 3 | 1,6-3,3 | Asap bergerak mengikuti arah angin |
| 4 | 3,4-5,4 | Wajah terasa ada angin, daun bergoyang pela, petunjuk arah angin bergerak |
| 5 | 5,5-7,9 | Debu jalan, kertas beterbangan, ranting pohon bergoyang |
| 6 | 8,0-10,7 | Ranting pohon bergoyang, bendera berkibar |
| 7 | 10,8-13,8 | Ranting pohon besar bergoyang, air plumpang berombak kecil |
| 8 | 13,9-17,1 | Ujung pohon melengkung, hembusan angin terasa di telinga |
| 9 | 17,2-20,7 | Dapat mematahkan ranting pohon, jalan berat melawan arah angin |
| 10 | 20,8-24,4 | Dapat mematahkan ranting pohon, rumah rubuh |
| 11 | 24,5-28,4 | Dapat merubuhkan pohon, menimbulkan kerusakan |
| 12 | 28,5-32,6 | Menimbulkan kerusakan parah |
| 13 | 32,7-36,9 | Tornado |

Sumber: Rusidin, 2016

Dalam sebuah wacana di surat kabar online Jakarta, yaitu Surya Online pada tanggal 21 April 2011. Indonesia merupakan salah satu negara yang berpotensi untuk mengembangkan pembangkit listrik tenaga angin karena Indonesia mempunyai garis pantai keempat terpanjang di dunia yaitu 95.181 kilometer (Km). Aliran angin muson yang mengalir melewati wilayah Indonesia seperti pada gambar 2.9 Cukup memiliki potensi untuk dikonversikan menjadi sumber energi.



Gambar 2.14 Aliran Angin di Kawasan Indonesia

Sumber: BMKG, 2018

Letak geografis Indonesia sebagai negara tropis yang berada di garis khatulistiwa menyebabkan karakteristik angin di Indonesia berbeda dengan negara lainnya. Beberapa karakteristik angin yaitu:

- a. Arah angin yang sering berubah-ubah.
- b. Sering terjadi turbulensi.
- c. Kecepatan rata-rata angin yang relatif rendah.
- d. Kecepatan bertambah terhadap ketinggian.

- e. Potensi aktual ditentukan oleh distribusi kecepatan angin (topografi) lokasi

2.6.3 Energi Angin

Energi angin merupakan energi alternatif yang memiliki prospek baik karena selalu tersedia di alam dan merupakan sumber energi yang bersih serta terbarukan. Proses pemanfaatan energi angin melalui 2 (dua) tahapan yaitu:

- a) Aliran angin akan menggerakkan rotor (sudu-sudu) yang menyebabkan rotor berputar selaras dengan angin bertiup
- b) Putaran rotor dihubungkan dengan generator sehingga dapat dihasilkan listrik

Maka untuk menghitung energi angin adalah:

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (2.7)$$

Dimana, E_k : energi kinetik (joule)

m : massa udara (Kg)

v : kecepatan angin (m/detik)

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

$$m = \rho \cdot A \cdot v \quad (2.8)$$

Sehingga untuk menghitung besar daya yang dihasilkan dari energi angin adalah:

$$P = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3 \quad (2.9)$$

Untuk keperluan praktis sering digunakan rumus yang lebih sederhana yakni:

$$P = k.A.v^2 \quad (2.10)$$

Dimana, P : daya energi angin (watt)

ρ : kerapatan udara (Kg/m^3) ($\rho = 1,225 \text{ Kg/m}^3$)

A: area penangkapan angin (m^2)

v : kecepatan angin (m/s)

k : konstanta ($1,37 \times 10^{-5}$)

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

$$Ea = \frac{1}{2} C.\rho.A.v^3 \quad (2.11)$$

Kerapatan udara ρ dirumuskan sebagai berikut:

$$\rho = P / (R.T) \quad (2.12)$$

Dimana, Ea : daya efektif yang dihasilkan kincir angin (Watt)

C : konstanta Betz ($16/27 = 69,3\%$)

ρ : kerapatan udara (Kg/m^3) ($\rho = 1,225 \text{ Kg/m}^3$)

A : area penangkapan angin (m^2)

P : tekanan udara (Paskal, dimana $1 \text{ pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 1$

$$\text{J/m}^3 = 1 \text{ kg/ms}^2$$

R : konstanta gas $287,05 \text{ J/KgK}$)

T : temperatur udara (kelvin)

Konversi energi angin menjadi listrik dapat menggunakan rumus:

$$(P_{\text{sys}}/A) = 0,1454.v^3 \quad (2.13)$$

BAB 3

KONSEP PERANCANGAN

3.1 Gambaran Umum

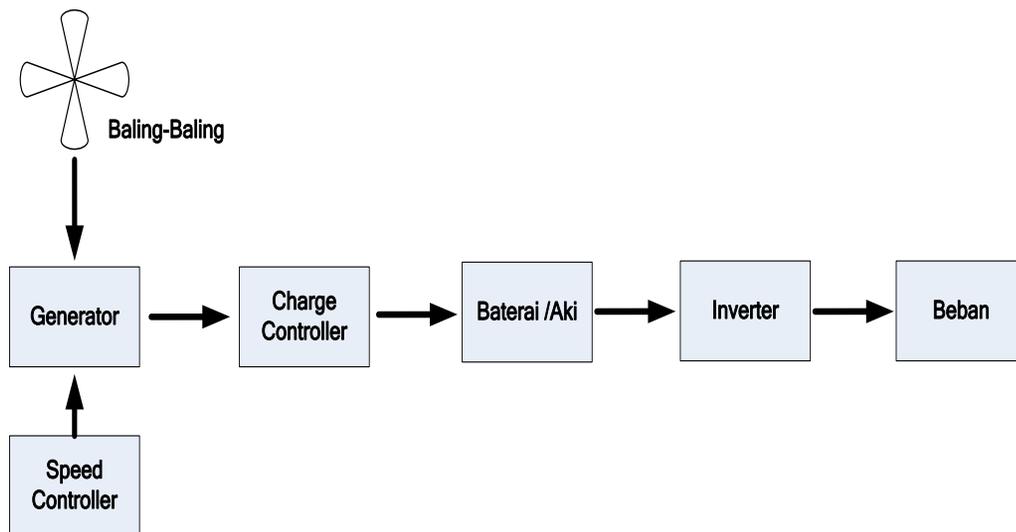
Alat ini dirancang untuk mengembangkan teknologi energi terbarukan yang ramah lingkungan yang dapat dimanfaatkan dalam penerapan industri rumah tangga skala kecil ataupun gedung-gedung tinggi yang memiliki potensi angin yang memadai.

3.2 Blok Diagram Sistem

Terdapat 2 (dua) rangkaian blok diagram dalam sistem *prototype* kincir angin sumbu horizontal yaitu:

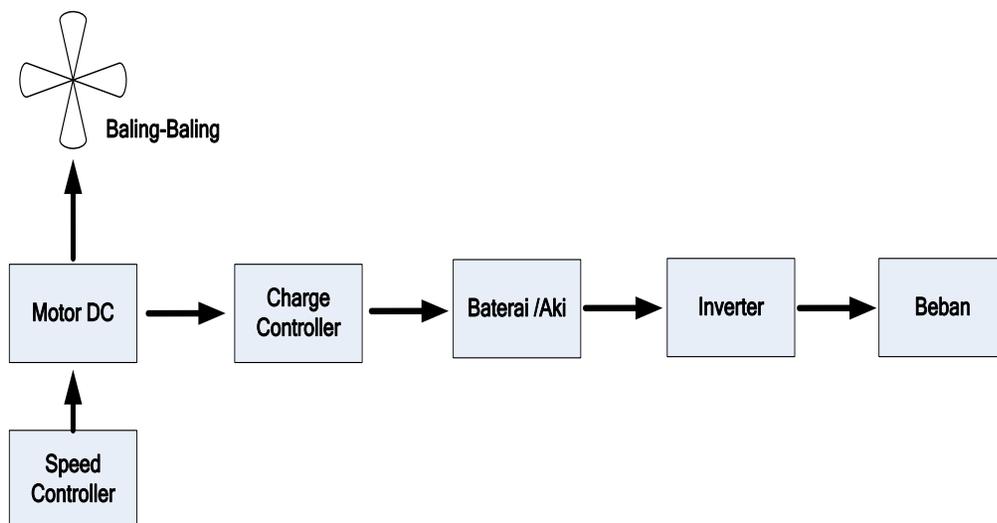
1. Gambar 3.1 menunjukkan rangkaian blok diagram sistem *prototype* kincir angin sumbu horizontal dengan generator. Dimana generator dapat menghasilkan tegangan jika terdapat tenaga yang mampu menggerakkan baling-baling pada kincir angin.
2. Gambar 3.2 menunjukkan rangkaian blok diagram sistem *prototype* kincir angin sumbu horizontal dengan motor DC. Dimana Motor DC yang mampu menggerakkan baling-baling pada kincir angin.

Hal ini sesuai dengan blok diagram sistem pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem *Prototype* Kincir Angin Sumbu Horizontal Dengan Generator

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2019



Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem *Prototype* Kincir Angin Sumbu Horizontal Dengan Motor DC

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2019

Aki/ Baterai yang digunakan memiliki tegangan 12 volt DC. Agar aki/ baterai dapat diisi, maka tegangan keluaran generator harus melebihi 8 volt DC agar dapat mengisi tegangan pada aki/ baterai. Semakin cepat putaran generator, maka tegangan

dan arus listrik yang dihasilkan akan semakin besar. Oleh karena itu, besar tegangan keluaran generator harus dijaga agar tetap sama dengan atau sedikit lebih besar dari 8 volt DC dengan menambah rangkaian *charge controller*. Hal ini dilakukan agar tegangan keluaran generator dapat mengisi aki/ baterai tanpa merusak aki/ baterai.

Lamanya pengisian aki/ baterai ditentukan oleh besar tegangan dan arus yang keluar dari pengendali. Semakin besar tegangan yang dihasilkan generator dan keluar dari *charge controller*, maka semakin cepat aki/ baterai terisi, dengan besar tegangan keluaran generator yang telah dilewatkan melalui pengatur tegangan sama dengan atau sedikit lebih besar 8 volt DC. Jika aki/ baterai telah terisi penuh, maka dapat langsung digunakan untuk menyuplai peralatan listrik. Untuk pemakaian beban AC maka listrik dari aki/ baterai harus diubah dahulu dengan menggunakan inverter (DC-AC).

1. Baling-baling berfungsi untuk mengubah hembusan angin menjadi energi kinetik untuk memutar generator listrik.
2. Generator berfungsi untuk mengubah energi gerak menjadi energi listrik.
3. Motor berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik sekaligus menambah kecepatan putar roda gigi pada generator.
4. *Speed Controller* berfungsi untuk mengatur kecepatan putar pada generator.
5. Inverter digunakan sebagai beban dan mengubah arus DC menjadi arus AC
6. Baterai digunakan sebagai sumber penyimpan tenaga dan sumber tegangan untuk menghidupkan beban dan sistem.
7. Lampu pijar digunakan sebagai beban untuk mengubah energi listrik menjadi sumber cahaya.

3.3 Alat dan Bahan

Dalam perancangan ini dibutuhkan beberapa alat dan komponen pendukung perangkat keras untuk merealisasikan *prototype* kicir angin pada sumbu horizontal.

Adapun perangkat keras yang digunakan untuk mendukung alat ini adalah:

Tabel 3.1 Perangkat Keras

| No. | Perangkat Keras | Frekuensi | |
|-----|---|------------|-------|
| 1. | Generator 30 watt 12 volt 3000 rpm | 1 | Buah |
| 2. | Motor <i>Type</i> 775 v42 dengan 300 watt 3-8 volt 4800 rpm | 1 | Buah |
| 3. | <i>Speed Controller</i> 0-12 volt | 1 | Buah |
| 4. | <i>Charge Controller</i> 12 volt | 1 | Buah |
| 5. | Aki / Baterai 12 volt, 5 Ah | 1 | Buah |
| 6. | Inverter 12 volt 150 watt | 1 | Buah |
| 7. | Lampu Pijar 20 watt | 1 | Buah |
| 8. | Papan | 1 | Buah |
| 9. | Kotak Akrilik 80 mm x 120 mm x 25 mm | 1 | Buah |
| 10. | <i>Bearing Type</i> GT2 6 mm 40T B8 | 2 | Buah |
| 11. | <i>Ass Stenless</i> 8 mm | 1 | Buah |
| 12. | <i>Bealting Type</i> GT2-Close Loop W6 mm- 200 mm (100T) | 1 | Buah |
| 13. | <i>Flexible Coupling Type</i> RB D20L25 Bore 8 x 10 mm | 1 | Buah |
| 14. | <i>Gear Pulley</i> | 2 | Buah |
| 15. | Baut | 20 | Buah |
| 16. | Baut 4 mm dan 3 mm | 2 | Buah |
| 17. | Besi | 1 | Meter |
| 18. | Kabel | Secukupnya | |
| 19. | Pipa PVC | Secukupnya | |

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2019

Adapun alat dan bahan yang digunakan dapat dilihat pada tabel 3.2 adalah:

Tabel 3.2 Alat dan Bahan

| No. | Alat |
|-----|----------------------------|
| 1. | Multimeter |
| 2. | Tachometer |
| 3. | Kipas Angin |
| 4. | Tang potong |
| 5. | Gergaji |
| 6. | Obeng Plus dan Obeng Minus |
| 7. | Mesin Las |

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2019

Adapun perangkat lunak yang digunakan untuk mendukung alat ini pada tabel

3.3 adalah:

Tabel 3.3 Perangkat Lunak

| No. | Nama Perangkat |
|-----|---------------------------------|
| 1. | <i>Software Auto DeskFusion</i> |

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2019

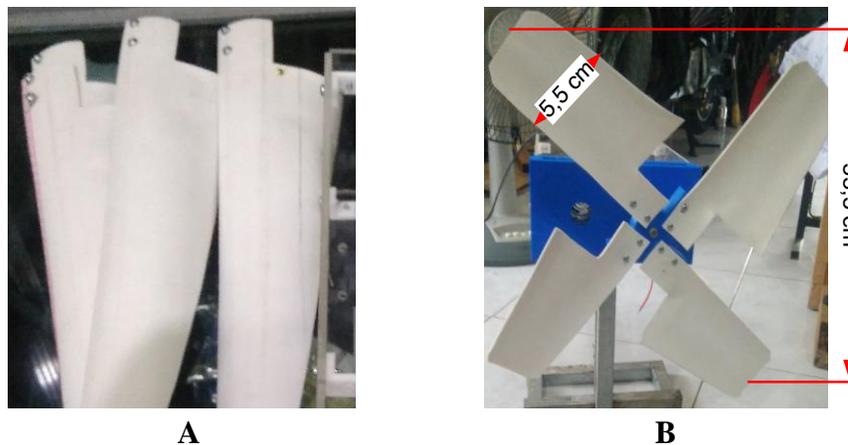
3.4 Perancangan Perangkat Keras

Prototype kincir angin pada sumbu horizontal menggunakan komponen-komponen yang terdiri atas *power supply*, *speed controller*, kincir angin, motor dan generator, *charge controller*, inverter.

3.4.1 Pembuatan Kincir Angin

Kincir angin yang akan digunakan pada pembuatan alat ini terdiri dari beberapa bagian yakni baling-baling, generator dan motor, dan tiang penyangga.

Baling-baling yang digunakan memiliki diameter 33,5 cm atau 0,335. Bahan yang digunakan adalah pipa PVC karena bentuk dari irisan pipa PVC menyerupai dengan salah satu dari beberapa bentuk baling-baling yakni jenis NACA. Dilihat dari bahan yang digunakan yakni jenis plastik olahan. Jumlah baling-baling yang digunakan adalah 4 buah dengan lebar permukaan tiap baling-baling adalah 5,5 cm.

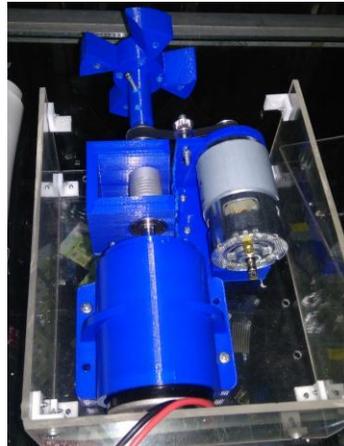


**Gambar 3.3 (A) Bentuk Fisik Baling-Baling Kincir Angin
(B) Ukuran Baling-Baling Kincir Angin**

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2019

Generator pada sistem ini menggunakan generator sinkron dengan putaran tinggi. Spesifikasi generator yang digunakan pada sistem ini adalah 30 watt dengan tegangan keluaran 12 volt dan kecepatan putar 3000 rpm. Generator ini terhubung dengan sebuah poros dari baling-baling pada kincir angin setelah melewati roda gigi (*gear pulley*) dengan perbandingan 1:1 sebagai sistem transmisi untuk meningkatkan putaran poros, sehingga putaran poros pada generator akan sama dengan kecepatan pada poros baling-baling. Untuk meningkatkan putaran poros pada generator maka digunakan motor pada sistem

ini. Meskipun kegunaan dari generator dan motor memiliki fungsi yang berbeda. Pada generator yang digunakan memiliki keluaran 1 fasa yang terhubung dengan *charge controller* sedangkan pada masukan motor berasal dari *power supply*.



Gambar 3.4 Bentuk Fisik Generator Dikopel Dengan Motor
Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2019

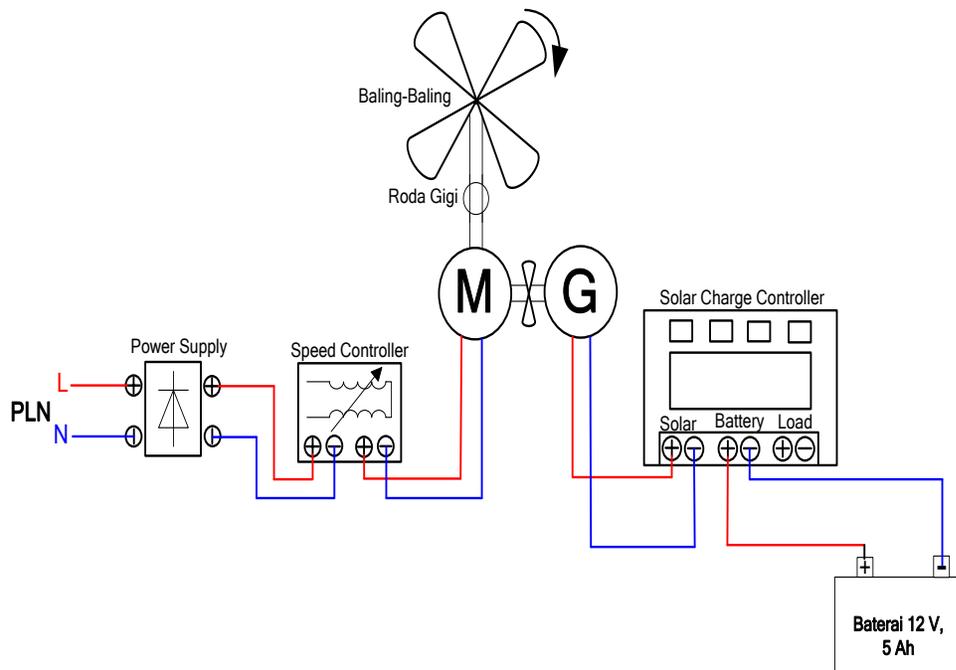
Tiang penyangga yang digunakan untuk menopang baling-baling pada kincir angin serta komponen pendukung lainnya motor dan generator yang terhubung langsung dengan poros pada baling-baling adalah besi dengan tinggi ± 20 cm dari permukaan tanah



Gambar 3.5 Bentuk Fisik Besi Penyangga
Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2019

3.4.2 Rangkaian Pengisian Baterai (*Charge Controller*)

Dalam merancang dan membuat *prototype* kincir angin dengan sumbu horizontal terbagi atas 2 (dua) proses yakni proses pengisian baterai dan proses pengosongan baterai terhadap beban. Pada gambar 3.6 dibawah ini adalah tahap I dari proses rangkaian pengisian baterai.



Gambar 3.6 Rangkaian Proses Pengisian Baterai (*Charge Controller*)
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2019

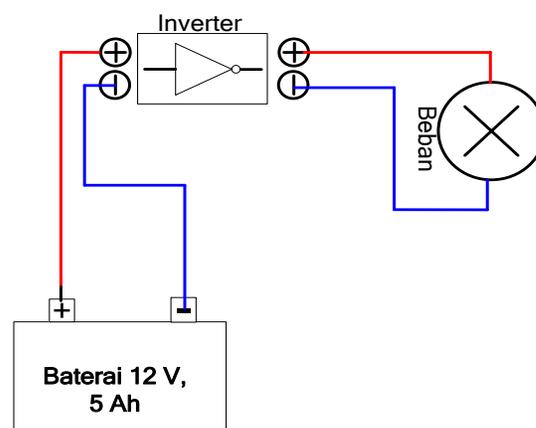
Pada tahap I (pertama) rangkaian proses pengisian baterai (*charge controller*). Proses sistem pengisian baterai (*charge controller*) bekerja berdasarkan adanya deteksi tegangan baterai karena dengan mendeteksi tegangan baterai dapat diketahui kondisi baterai (baterai kosong atau penuh). Pada umumnya baterai dikatakan kosong apabila tegangan berada di bawah 10 volt. Untuk mengetahui tegangan yang masuk pada baterai memenuhi batas

minimal pengisian digunakan sistem pengatur kecepatan putar motor, selain mampu mengatur kecepatan putar motor. Sistem ini juga mampu mengatur tegangan yang masuk pada baterai agar tetap terjaga selama proses pengisian baterai (*charge controller*). Proses pengisian baterai (*charge controller*) mengakibatkan tegangan baterai akan selalu mencapai tegangan maksimum baterai yakni 12 volt. Sistem pengisian baterai ini akan berhenti mengirimkan tegangan pada baterai apabila tegangan keluaran pada generator sama dengan tegangan pada baterai yakni 12 volt, sehingga sistem pengisian baterai perlu dilepaskan dari *supply* PLN.

3.4.3 Rangkaian Pengosongan Baterai

Tahap II pada sistem *prototype* kincir angin sumbu hoizontal adalah proses pengosongan baterai terhadap beban.

Pada gambar 3.7 dibawab ini, menunjukkan rangkaian proses pengosongan baterai terhadap beban.



Gambar 3.7 Rangkaian Proses Pengosongan Baterai Terhadap Beban

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2019

Pada proses pengosongan baterai terhadap beban hanya dapat berlaku jika kondisi baterai dalam keadaan penuh yakni tegangan mencapai 12 volt. Hal ini memungkinkan baterai dapat digunakan untuk mengirim energi yang tersimpan untuk digunakan pada beban. Dalam hal ini beban yang digunakan adalah lampu pijar, sehingga dibutuhkan sistem inverter yang berfungsi mengubah arus DC (*direct current*) pada baterai menjadi arus AC (*alternating current*) pada lampu pijar.

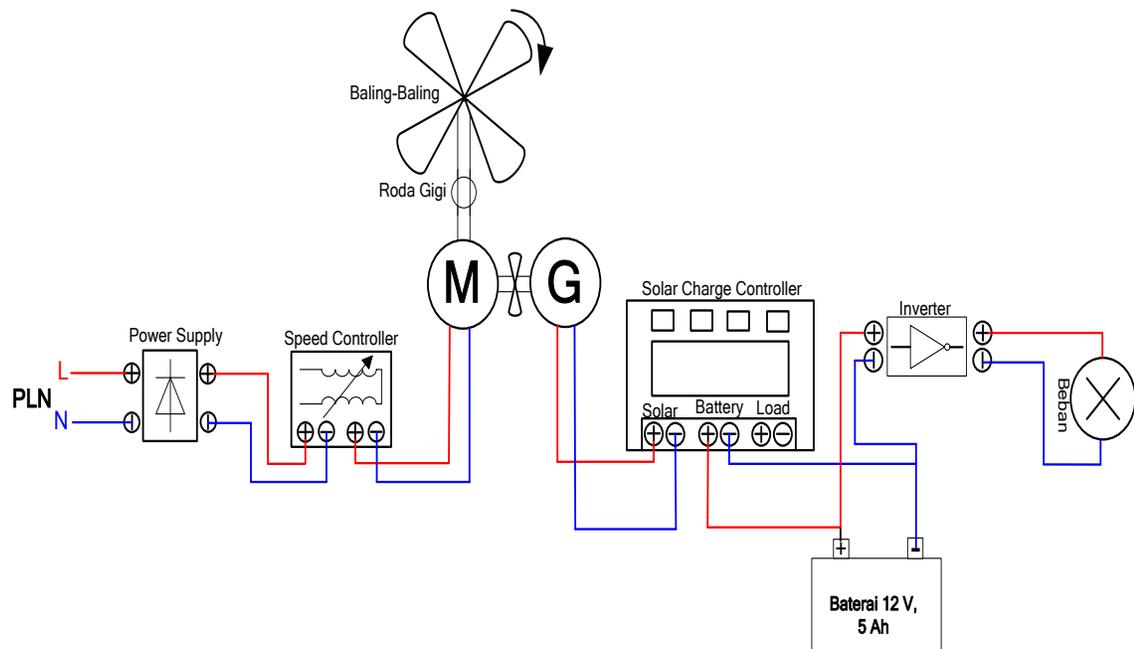
3.4.4 Rangkaian Keseluruhan

Prinsip kerja rangkaian *prototype* kincir angin sumbu horizontal dibagi atas 2 (dua) tipe adalah:

1. Dengan menggunakan motor DC. Motor DC digunakan sebagai sumber penggerak untuk memutar baling-baling pada kincir angin. Pada keadaan seperti ini dibutuhkan pengatur kecepatan putar pada rotor motor sehingga mampu menjaga kecepatan maksimum pada putaran generator dan tegangan yang dihasilkan. Tegangan yang dihasilkan oleh generator selanjutnya digunakan untuk mengisi kekosongan pada baterai sekaligus disimpan sebagai cadangan energi sehingga dapat digunakan oleh beban (lampu pijar).
2. Dengan menggunakan generator. Dibutuhkan energi penggerak dari luar berupa angin yang mampu memutar baling-baling pada kincir angin. Dimana baling-baling pada kincir angin terhubung langsung dengan roda gigi dan rotor pada generator. Hal ini bertujuan ketika baling-baling pada kincir angin berputar maka rotor pada generator

juga berputar sehingga mampu menghasilkan energi listrik yang dapat disimpan pada baterai. Oleh karena itu dibutuhkan energi angin yang cukup besar untuk dapat memutar baling-baling pada kincir angin, hal ini dikarena generator yang digunakan memiliki kecepatan putar yang tinggi.

Dalam merancang dan membuat *prototype* kincir angin pada sumbu horizontal agar sistem dapat bekerja dan berfungsi maka dibutuhkan instalasi sistem rangkaian yang ditunjukkan pada gambar 3.8 dibawah ini:



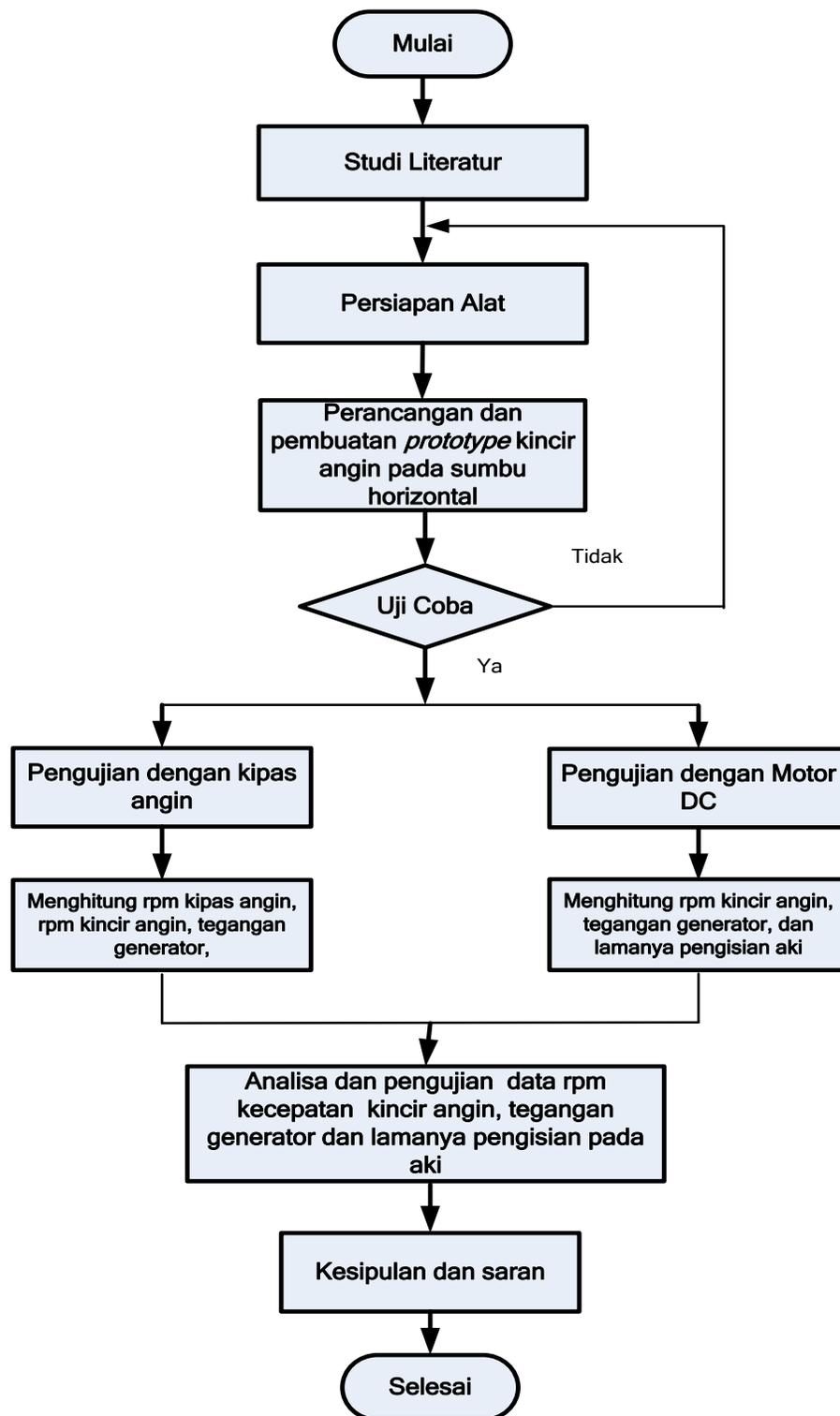
Gambar 3.8 Rangkaian *Prototype* Kincir Angin Dengan Sumbu Horizontal
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2019

3.5 Flowchart

Langkah-langkah sistematis dalam perancangan dan pembuatan sistem ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan studi dengan cara membaca serta mengamati setiap referensi yang berkaitan dengan perancangan ini.
2. Melakukan persiapan alat berupa komponen- komponen yang dibutuhkan dalam proses perancangan dan pembuatan *prototype* kincir angin.
3. Perancangan dan pembuatan untuk menentukan bahan kincir angin, pemilihan perangkat keras serta rangkaian sistem kerja *prototype* kincir angin.
4. Setelah semuanya dianggap selesai, proses pengujian alat adalah tahap berikutnya untuk menyampaikan hasil dari perancangan dan pembuatan alat. Pengujian yang digunakan dengan 2 (dua) proses yakni dengan kipas angin dan motor DC yang berfungsi untuk mengetahui uji kerja dari baling- baling pada kincir angin, generator dan sistem kerja alat yang dibuat.
5. Dari hasil pengujian dapat diketahui hasil akhir dari sistem kerja alat, sehingga mampu memberikan informasi dan pengetahuan berupa kesimpulan serta saran yang mendasari berjalannya sistem.

Langkah-langkah sistematis pada sistem perancangan dan pembuatan alat *prototype* kincir angin pada sumbu horizontal ke dalam sebuah *flowchart* yang ditunjukkan pada gambar 3.9 dibawah ini.



Gambar 3.9 Rangkaian *Flowchart* Alur Penelitian

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2019

BAB 4

HASIL DAN ANALISA

Dalam bab ini akan di bahas pengujian dan analisis dari alat *prototype* kincir angin pada sumbu horizontal. Pengujian dilakukan dengan menggunakan kipas angin dan motor DC sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan kincir angin. Pengujian yang dilakukan meliputi:

1. Pengujian kecepatan putar pada kincir angin (rpm) terhadap tegangan keluaran generator (volt) dengan sumber tenaga dari kipas angin.
2. Pengujian kecepatan putar pada kincir angin (rpm) terhadap tegangan keluaran generator (volt) dengan sumber tenaga kincir dari motor DC.
3. Pengujian kecepatan putar pada kincir angin (rpm) terhadap waktu pengisian baterai (menit).

4.1 Alat Hasil Perancangan

Adapun bentuk fisik dari alat *prototype* kincir angin pada sumbu horizontal ditunjukkan pada gambar 4.1 yaitu:



Gambar 4.1 Bentuk Fisik *Prototype* Kincir Angin Pada Sumbu Horizontal
Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2019

4.2 Pengujian Sistem *Prototype* Kincir Angin Sumbu Horizontal

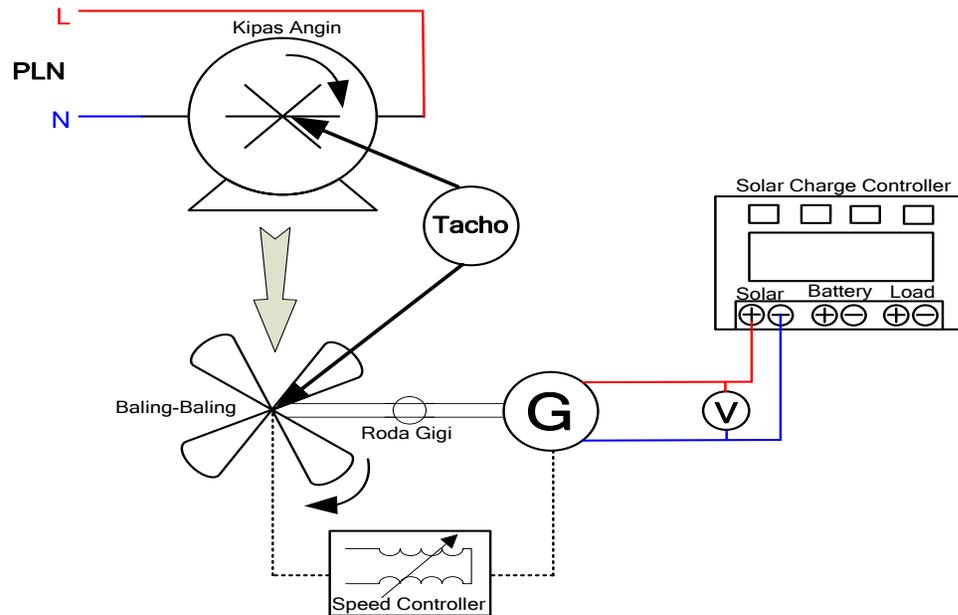
4.2.1 Pengujian *Prototype* Kincir Angin Dengan Sumber Tenaga dari

Kipas Angin

Pengujian pada rangkaian *prototype* kincir angin dengan kipas angin dapat dilakukan pada gambar 4.2 dengan menggunakan kipas angin sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan baling-baling pada kincir angin sehingga mampu memutar poros pada generator sebagai sumber tegangan dan membandingkan kecepatan antara pada baling-baling kipas angin dan baling-baling pada kincir angin.

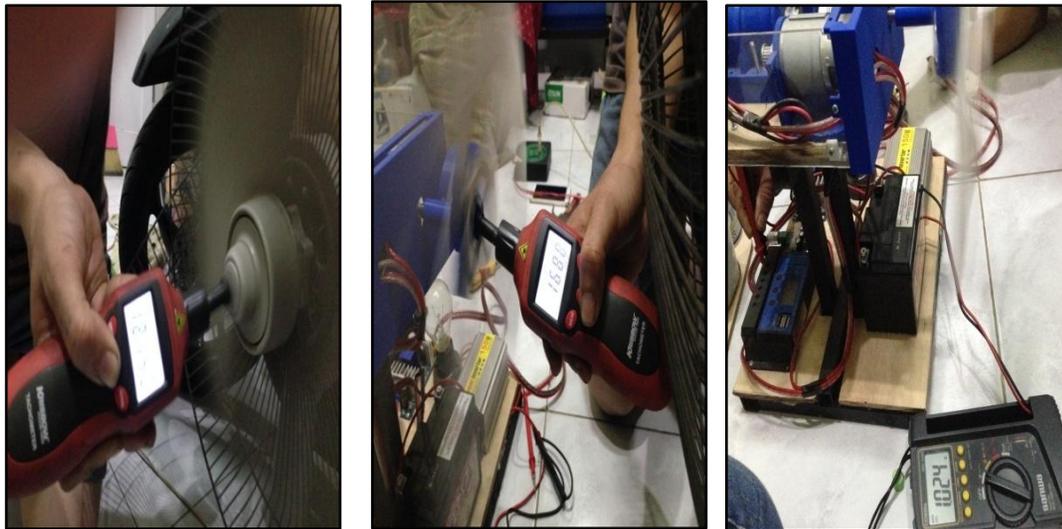
Pengujian pada rangkain *prototype* kincir angin dengan kipas angin dimulai dengan pengukuran kecepatan baling-baling pada kipas angin dan

balang-balang pada kincir angin dengan menggunakan *tachometer*, sedangkan tegangan keluaran generator menggunakan *voltmeter*.



Gambar 4.2 Rangkaian Pengujian *Prototype* Kincir Angin dengan Sumber Tenaga dari Kipas Angin

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2019



Gambar 4.3 Proses Pengujian *Prototype* Kincir Angin dengan Sumber Tenaga dari Kipas Angin

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2019

Tabel 4.1 Hasil Pengujian *Prototype* Kincir Angin Sumbu Horizontal dengan Sumber Tenaga dari Kipas Angin

| Tombol Pada Kipas Angin | Kecepatan Putaran Kipas Angin (Rpm) | Kecepatan Putaran Kincir Angin (Rpm) | Tegangan Keluaran Generator (Volt) |
|--------------------------------|--|---|---|
| 1 | 927 | 110 | 0,5 |
| 2 | 1.066 | 167 | 0,79 |
| 3 | 1.294 | 245 | 1,02 |

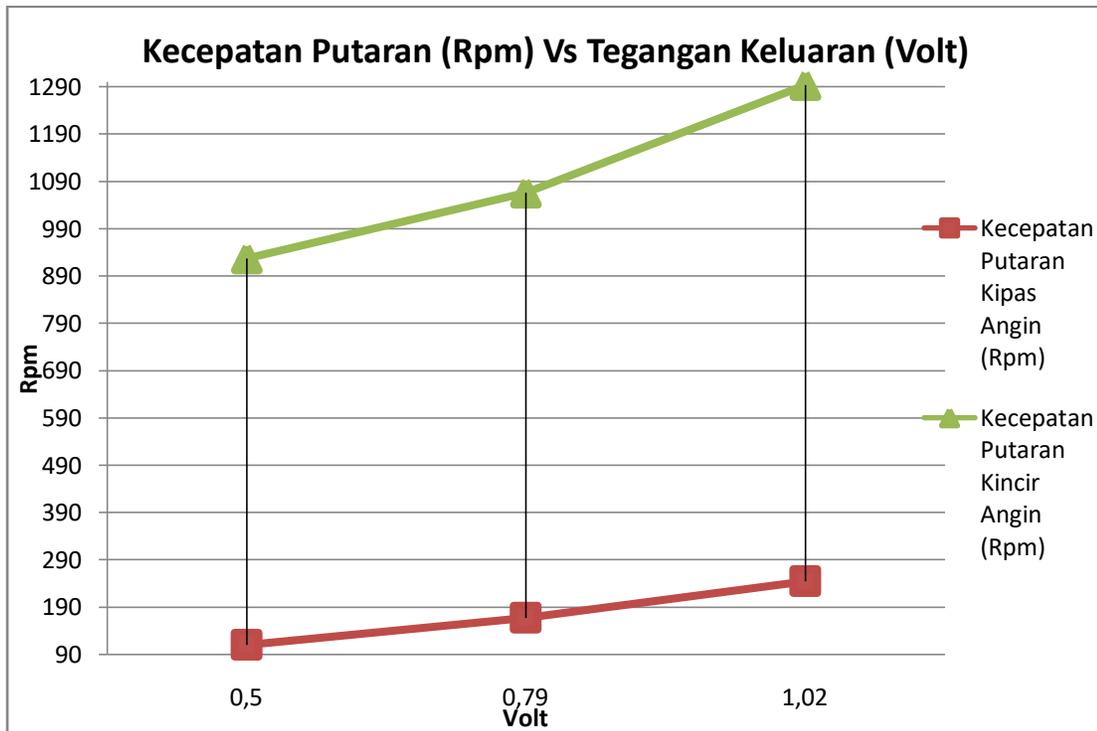
Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2019

Rangkaian pengujian *prototype* kincir angin dengan kipas angin bertujuan untuk mengetahui kecepatan putaran yang mampu dihasilkan oleh baling-baling pada kincir angin sehingga mempengaruhi tegangan yang dihasilkan oleh generator.

Dengan adanya bantuan sumber tenaga dari luar dengan menggunakan kipas angin sehingga dapat diidentifikasi kecepatan putaran kincir angin dan tegangan yang mampu dihasilkan oleh generator. Berdasarkan pengujian dengan menggunakan kipas angin diketahui bahwa setiap variasi kecepatan kipas angin berpengaruh terhadap putaran pada kincir angin yang mampu diterima oleh kincir angin.

Dari Gambar 4.4 diketahui bahwa semakin besar kecepatan angin yang diterima oleh kincir angin maka putaran yang dihasilkan pada generator akan semakin cepat sehingga tegangan keluaran dari generator juga akan semakin besar. Hal tersebut membuktikan Persamaan 2.9 bahwa kecepatan angin

berbanding lurus dengan daya listrik terhadap angin dan pada Persamaan 2.5 yang menyatakan bahwa daya listrik berbanding lurus dengan tegangan listrik



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Antara Kecepatan Putaran (Rpm) Dengan Tegangan Keluaran (Volt)

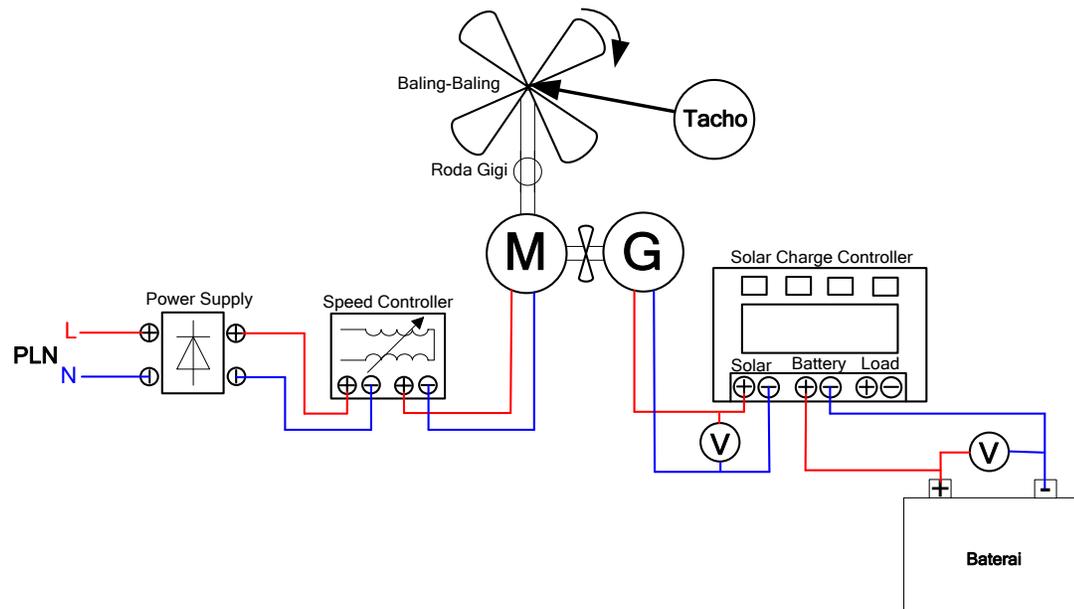
Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2019

4.2.2 Pengujian *Prototype* Kincir Angin dengan Sumber Tenaga Kincir dari Motor DC

Pengujian pada rangkaian *prototype* kincir angin dengan *supply* PLN dapat dilakukan pada gambar 4.4 dengan menggunakan *power supply* sebagai sumber tegangan yang mampu menggerakkan baling-baling pada kincir angin.

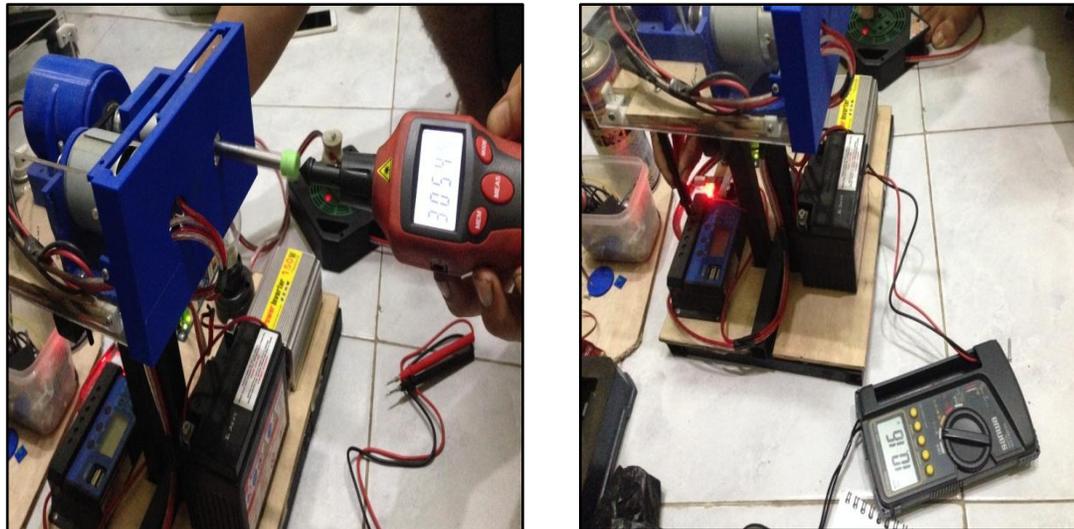
Proses pengujian dimulai dari mengatur *speed controller* yang berfungsi untuk mengatur kecepatan pada kincir angin dengan menggunakan *tachometer*

sehingga mampu mengetahui tegangan yang dihasilkan oleh generator dan tegangan pada baterai dengan menggunakan *voltmeter*.



Gambar 4.5 Rangkaian Pengujian *Prototype* Kincir Angin dengan Sumber Tenaga Kincir dari Motor DC

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2019



Gambar 4.6 Proses Pengujian *Prototype* Kincir Angin dengan Sumber Tenaga Kincir dari Motor DC

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2019

Tabel 4.2 Hasil Pengujian *Prototype* Kincir Angin Sumbu Horizontal dengan Sumber Tenaga Kincir dari Motor DC

| Kecepatan Putaran Kincir Angin (Rpm) | Tegangan Keluaran Generator (Volt) | Tegangan Baterai (Volt) |
|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| 1.029 | 3,26 | 12,2 |
| 1.513 | 4,5 | 12,2 |
| 2.093 | 6,47 | 12,2 |
| 2.530 | 7,97 | 12,2 |
| 2.700 | 8,6 | 12,2 |
| 3.054 | 10,16 | 12,2 |

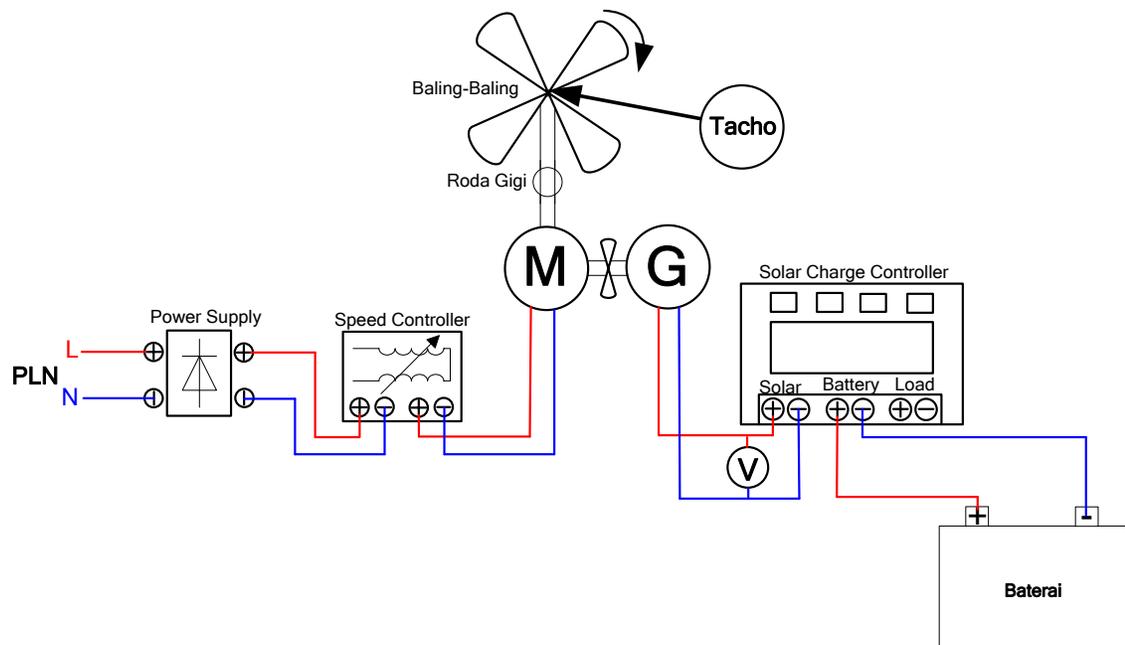
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2019

Rangkaian pengujian *prototype* kincir angin dengan menggunakan motor DC bertujuan untuk membantu mengubah energi listrik menjadi energi gerak sehingga mampu menggerakkan baling-baling pada kincir dan rotor pada generator. Dari hasil pengujian pada table 4.2 dapat diketahui bahwa kecepatan kincir angin diatas 2530 rpm dan tegangan keluaran generator mencapai 7,97 volt atau diatas 8 volt adalah tegangan yang mampu diterima oleh *charge controller*, sedangkan pada baterai tegangan yang mampu diterima adalah lebih dari 10 volt. Oleh karena itu, semakin besar putaran pada baling-baling kincir angin maka akan semakin besar pula tegangan keluaran pada generator.

Dari hasil pengujian pada table 4.1 dan table 4.2 dapat disimpulkan bahwa baik dengan menggunakan kipas angin sebagai media penggerak baling-baling pada kincir angin ataupun dengan *supply* PLN dibutuhkan sumber tenaga yang besar untuk mampu menggerakkan baling-baling pada kincir angin

sehingga dapat memutar poros pada generator dan mampu menghasilkan tegangan yang memadai untuk dapat disimpan pada baterai.

4.2.3 Pengujian Kecepatan Putar Kincir Angin terhadap Waktu Pengisian Baterai



Gambar 4.7 Rangkaian Pengujian Kecepatan Putar Kincir Angin terhadap Waktu Pengisian Baterai

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2019



Gambar 4.8 Proses Pengujian Kecepatan Putar Kincir Angin terhadap Waktu Pengisian Baterai

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2019

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kecepatan Putar Kincir Angin terhadap Waktu**Pengisian Baterai**

| Tegangan Keluaran Generator (Volt) | Tegangan Keluaran Baterai (Volt) | Waktu Pengisian Baterai (Menit) |
|---|---|--|
| 8 | 11,4 | 60 |
| 9 | 11,4 | 60 |
| 10 | 11,4 | 25 |
| 11 | 11,5 | 25 |
| 12,3 | 11,9 | 25 |
| 12,5 | 11,9 | 19 |

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2019

Rangkaian pengujian sistem pengisian baterai pada *prototype* kincir angin dengan mengatur kecepatan pada kincir angin dan tegangan keluaran pada generator. Pada pengujian sebelumnya table 4.2 diketahui bahwa tegangan keluaran generator yang mampu dibaca/ ditampilkan pada *charge controller* adalah diatas 8 volt maka akan mempengaruhi lamanya proses pengisian pada baterai. Sedangkan batas minimum tegangan pada baterai pada adalah 10 volt.

Proses pengisian pada baterai dimulai dengan mengatur tegangan keluaran pada generator, hal ini akan mempengaruhi tegangan keluaran pada baterai dan lamanya pengisian pada baterai

Ketika proses pengisian pada baterai terjadi, maka tegangan yang masuk akan semakin besar atau dengan kata lain selisih tegangan antara proses pengisian (*charge controller*) dan tegangan nominal pada baterai akan

semakin kecil. Hal ini mempengaruhi lamanya proses pengisian pada baterai dan dibuktikan pada table 4.3 diatas.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan dan pengujian, analisis implementasi *prototype* kincir angin pada sumbu horizontal maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. *Prototype* kincir angin pada sumbu horizontal 4 sudu berbahan PVC dengan diameter baling-baling adalah 33,5 cm dan lebar tiap permukaan adalah 5,5 cm serta menggunakan tiang penyangga dari besi dengan tinggi 20 cm dari permukaan tanah. *Prototype* ini menggunakan 2 (dua) mesin DC tipe 775 v42, 4.800 rpm dan generator magnet permanen 3.000 rpm. Pada prinsipnya *prototype* ini bekerja dengan 2 (dua) sistem yaitu dengan motor DC dan generator, ketika menjadi motor DC berfungsi sebagai penggerak untuk memutar baling-baling pada kincir angin, sedangkan ketika menjadi generator dibutuhkan penggerak dari luar (berupa angin) untuk memutar baling-baling pada kincir angin.
2. Sistem pengisian pada baterai (*charge controller*) dapat bekerja jika tegangan yang masuk pada baterai lebih dari 10 volt dengan kecepatan pada baling-baling lebih dari 2.530 rpm.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam perancangan dan pembuatan *prototype* kincir angin pada sumbu horizontal ini maka dapat disaran hal-hal sebagai berikut:

1. Untuk ke depannya apabila alat ini ingin dikembangkan diharapkan menggunakan generator tipe magnet permanen dengan kecepatan rendah, sehingga mampu bekerja meskipun kecepatan yang diterima oleh rotor pada generator adalah kecepatan rendah.
2. Dengan beberapa pengembangan dan penyempurnaan sistem dari alat ini diharapkan dapat digunakan untuk daya beban yang lebih besar dan penggunaan beban yang lebih panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Meteorologi , Klimatologi, dan Geofisika. (2018). Perkiraan Angin 3000 Feet diperoleh 10 Oktober 2018, dari <https://www.bmkg.go.id/cuaca/prakiraan-angin.bmkg>
- Batubara, Supina. "Analisis perbandingan metode fuzzy mamdani dan fuzzy sugeno untuk penentuan kualitas cor beton instan." *IT Journal Research and Development* 2.1 (2017): 1-11.
- Dwi Novriadi. (2017). Jenis-Jenis Turbin Angin. Diperoleh 10 Oktober 2018, dari <https://www.scribd.com/document/341572486/GET-STT-PLN-Jenis-Jenis-Turbin-Angin>
- Hasyim, Asy'ari., Ahmad Budiman., dan Wawan Setiawan. (2012), *Desain Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga angin dengan Turbin Horizontal dan Generator Magnet Permanen Tipe Axial Kecepatan Rendah* (Skripsi). Surakarta(ID): Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Himpunan Mahasiswa Teknik Komputer. (2017). Motor DC dan Jenis-Jenisnya. Diperoleh 18 Maret 2019, dari <http://scdc.binus.ac.id/himtek/2017/05/08/motor-dc-dan-jenis-jenisnya/>
- Insiyanda, DR, dkk. (2015). *Prototipe Turbin Sumbu Tegak Sebagai Pembangkit Tenaga Listrik Ramah Lingkungan*, Prosiding Seminar Nasional Fisika. *Journal SNF2015 Volemu IV*, Oktober 2015. ISSN: 2339-0654 ISSN : 2476-9398.
- Iqbal, Muhammad. (2018). *Pembuatan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Berkapasitas 100 Watt* (Skripsi). Yogyakarta (ID): Universitas Islam Indonesia
- Kurniawan, Dwi Andika. (2016). *Unjuk Kerja Turbin Angin Propeller 4 sudu Berbahan Komposit Berdiameter 100 cm, Dengan Lebar Maksimum Sudu 13 cm Pada Jarak 19 cm Dari Pusat Sumbu Poros* (Tugas Akhir). Yogyakarta(ID): Universitas Sanata Dharma

- Lubis, A., & Batubara, S. (2019, December). Sistem Informasi Suluk Berbasis Cloud Computing Untuk Meningkatkan Efisiensi Kinerja Dewan Mursyidin Tarekat Naqsyabandiyah Al Kholidiyah Jalaliyah. In Prosiding SiManTap: Seminar Nasional Matematika dan Terapan (Vol. 1, pp. 717-723).
- Manurung, Maryati. (2015). *Rancangan Pemindah Eneergi Otomatis Dari Tenaga Angin Ke Tenaga Baterai* (Tugas Akhir). Medan (ID): Universitas Sumatera Utara
- Muttaqin, Muhammad. "Analisa Pemanfaatan Sistem Informasi E-Office Pada Universitas Pembangunan Panca Budi Medan Dengan Menggunakan Metode Utaut." *Jurnal Teknik dan Informatika* 5.1 (2018): 40-43.
- Mukhtar, Agus., Hisyam Ma'mum. (2016). *Aplikasi Permanent Magnetic Bearing Dalam Rancang Bangun Vertical Wind Turbin*. *Jurnal Ilmiah Teknosains*, Vol.2, No.1 Mei 2016, ISSN (p): 2460-9986, ISSN (e): 2476-9436
- Mustaqim, Thoriq., Nur Aklis dan Marwan Effendy. (2016), *Studi Eksperimen Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Kerja Turbin Angin Horisontal Berbasis NACA 4415* (Tugas Akhir). Surakarta (ID): Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Najamudin. (2015). *Pemanfaatan Energi Angin Sebagai Penggerak Kincir Angin Untuk Menggerakkan Generator Listrik* (Laporan Penelitian). Lampung (ID): Bandar Lampung
- Putri, N. A. (2018). Sistem Pakar untuk Mengidentifikasi Kepribadian Siswa Menggunakan Metode Certainty Factor dalam Mendukung Pendekatan Guru. *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science*, 1(1), 78-90.
- Prabhadhanu, Yosef Cafasso Amara Sekar. (2016). *Unjuk Kerja Kincir Angin Poros Vertikal Model WePower* (Skripsi). Yogyakarta (ID) Universitas Sanata Dharma

- Rusidin. (2016). *Unjuk Kerja Kincir Angin Poros Horizontal Empat Sudu Berbahan Komposit Dengan Diameter 1 m Lebar Maksimum 13 cm Pada Jarak 12,5 cm Dari Pusat Poros* (Tugas Akhir). Yogyakarta (ID): Universitas Sanata Dharma
- Siahaan, A. P. U., Aryza, S., Nasution, M. D. T. P., Napitupulu, D., Wijaya, R. F., & Arisandi, D. (2018). Effect of matrix size in affecting noise reduction level of filtering.
- Syuhada, Hidayat Bayu. (2014). *Karakteristik DC Shunt* (Laporan Penelitian). Jakarta (ID): Politeknik Negeri Jakarta
- Theraja, B.L., dan A.K. Theraja.(1995), *A. Text Book of Electrical Technology*, Vol. II, New Delhi:S.Chand & Company
- Tasril, V., & Putri, R. E. (2019). Perancangan Media Pembelajaran Interaktif Biologi Materi Sistem Pencernaan Makanan Manusia Berbasis Macromedia Flash. *Jurnal Ilmiah Core IT: Community Research Information Technology*, 7(1).
- Utomo, R. B. (2019). Aplikasi Pembelajaran Manasik Haji dan Umroh berbasis Multimedia dengan Metode User Centered Design (UCD). *J-SAKTI (Jurnal Sains Komputer dan Informatika)*, 3(1), 68-79.
- Wikipedia Ensiklopedia Bebas (2018). Lampu Pijar. Diperoleh 14 Desember 2018, dari https://id.wikipedia.org/wiki/Lampu_pijar
- Wijaya, R. F., Utomo, R. B., Niska, D. Y., & Khairul, K. (2019). Aplikasi Petani Pintar Dalam Monitoring Dan Pembelajaran Budidaya Padi Berbasis Android. *Rang Teknik Journal*, 2(1).
- Wahyuni, S., Lubis, A., Batubara, S., & Siregar, I. K. (2018, September). Implementasi algoritma crc 32 dalam mengidentifikasi Keaslian file. In *Seminar Nasional Royal (SENAR)* (Vol. 1, No. 1, pp. 1-6).