

BAB II

KAJIAN TEORITIK DAN KERANGKA BERPIKIR

2.1. Kajian Teoritik

2.1.1. Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid*

Pembangkit listrik tenaga *Hybrid* (PLTH) adalah suatu sistem pembangkit listrik yang memadukan beberapa pembangkit listrik, pada umumnya pembangkit listrik tenaga angin dengan PLN. Sistem tenaga *hybrid* merupakan solusi untuk mengurangi krisis BBM dan ketiadaan listrik di daerah terpencil, pulau-pulau kecil dan daerah perkotaan. Sistem *hybrid* umumnya terdiri atas : generator, baterai, inverter dan peralatan kontrol yang terintegrasi.

Tujuan PLTH ini adalah sebagai suatu bentuk riset guna pengembangan teknologi untuk menciptakan energi yang baru dan terbarukan dan pemanfaatan sumber daya energi alternatif yang dapat dimaksimalkan kegunaannya. Sistem *hybrid* ini mampu menghasilkan daya listrik secara efisien pada berbagai kondisi pembebanan untuk mengetahui unjuk kerja sistem pembangkit *hybrid* ini, hal-hal yang perlu dipertimbangkan antara lain: arakteristik beban pemakaian dan karakteristik pemakaian daya khususnya dengan memperhatikan potensi energi alam yang ingin dikembangkan berikut kondisi alam itu sendiri, seperti pergantian malam, siang dan musim serta sebagainya.

2.1.2. Pengertian ATS-AMF

Sistem kerja panel ATS dan AMF ialah kombinasi untuk pertukaran sumber, baik dari genset ke PLN ataupun sebaliknya, bilamana suatu saat sumber listrik

utama PLN mengalami pemadaman, maka AMF berguna untuk menjalankan diesel genset sekaligus memberikan proteksi terhadap sistem genset, baik proteksi terhadap unit mesin/genset baik berupa pengaman terhadap beban pemakaian yang berlebihan maupun perlindungan terhadap karakteristik lain seperti tegangan maupun frekuensi genset, apabila parameter yang diamankan melebihi batas normal/setting maka tugas ATS adalah melepas hubungan arus listrik ke beban sedangkan AMF bertugas untuk memberhentikan kerja mesin.

ATS merupakan singkatan dari *automatic transfer switch*, jika dipahami dari kata tersebut yang berarti saklar yang berkerja secara otomatis, namun otomatisnya berdasarkan jika sumber utama mengalami pemadaman maka saklar akan berpindah secara otomatis ke sumber yang lain misalnya adalah genset. Namun apabila sumber utama menyala kembali maka genset akan *off* dan saklar akan berpindah secara otomatis akan menyala untuk menyuplai beban.

Sedangkan AMF ialah singkatan dari *automatic main failure* yang maksudnya menjelaskan cara kerja otomatisasi terhadap sistem kelistrikan cadangan apabila terjadi gangguan pada sumber listrik utama (main), istilah AMF ini secara umum sering dijabarkan sebagai sistem kendali start dan stop genset, baik diesel generator, genset gas maupun turbin. Jika dipahami kembali dari arti kata tersebut ialah berfungsi untuk menyalakan atau mematikan (*on* atau *off*) mesin genset sebagai sumber listrik alternatif jika sumber utama mengalami pemadaman. Asumsinya adalah jika padam maka panel AMF akan menyalakan mesin genset untuk menggantikan suplai listrik utama ke genset, sedangkan suplay utama menyala kembali maka AMF akan memutus atau meng*off*-kan genset sehingga sumber utama akan masuk untuk menyuplai beban.

Dalam panel ATS/AMF dapat dibagi dalam tiga blok yang memiliki fungsi dan tugas.masing-masing.

Blok.1.

Blok detector Sumber daya Utama, Rangkaian ini berfungsi untuk memberikan informasi kondisi sumber listrik utama (hidup atau mati) kepada rangkaian Blok starter engine (NC M1). Blok detector ini menghidupkan M1 apabila listrik utama hidup Sekaligus sebagai blok Stop engine (NC R2) apabila listrik utama mati. Pada terminal nomor 5 dan 6, anda harus menghubungkan seri pada rangkaian genset sebagai tombol OFF. Pada blok satu ini juga terdapat Selector Switch untuk menfungsikan rangkaian ini Normal dan Automatis. Pada fungsi Normal, maka kerja Change Over Switch tidak akan berfungsi.

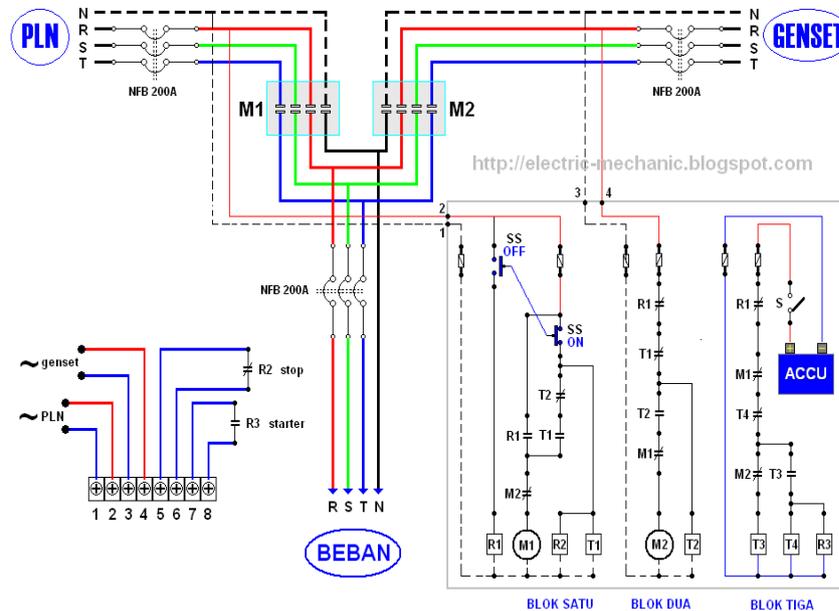
Blok.2.

Blok Relai detector Daya Genset, Relai detector ini berfungsi untuk menerima informasi kondisi tegangan/daya genset kepada rangkaian utama apabila listrik utama mati dengan menghidupkan (M2) setelah genset bekerja.

Blok.3.

Blok starter engine, berfungsi untuk menyalakan mesin genset. Blok ini bekerja berdasarkan masukan dari Blok detector Sumber daya Utama (NC M1) Sebagai awal kerja starter. T3 dan T4 sebagai delay starter dan R3 sebagai Kontak starter. Khusus pada rangkaian ini menggunakan komponen yang mempunyai tegangan kerja 24VDC dengan menggunakan 2 buah Accu 12VDC yang dihubung Seri. Namun apabila anda menemukan komponen yang mempunyai tegangan kerja 12VDC, anda bisa memakainya dengan hanya menggunakan 1 buah Accu saja.

Pada rangkaian ini ditambah juga Selector switch yang menginformasikan Accu (starter engine) pada kondisi standby. Pada terminal nomor 7 dan 8, anda harus menghubungkan paralel pada stater untuk menghidupkan genset.¹



Gambar 2.1. Wiring Kontrol ATS / AMF

Sumber : <http://electric-mechanic.blogspot.co.id/>

2.1.3. Pengertian Simulasi dan Prototipe

Simulasi menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia ialah suatu bentuk tiruan yang bergerak menyerupai aslinya, sedangkan prototipe memiliki arti model yang mula (model asli) yang menjadi contoh atau standar ukuran dari sebuah entitas. Dalam bidang desain, sebuah prototipe dibuat sebelum dikembangkan atau justru dibuat khusus untuk pengembangan sebelum dibuat dalam skala sebenarnya atau sebelum diproduksi secara massal.

¹ <http://electric-mechanic.blogspot.co.id/> (Diakses pada senin 25 januari 2016 pukul 3.28 WIB)

Prototipe bisa diartikan juga sebagai bentuk awalnya saja dan tidak menutup kemungkinan bisa dikembangkan menjadi skala yang lebih besar. Banyak prototipe yang dibuat dengan ukuran yang sangat kecil, ini bertujuan untuk membuat sebuah model awal program, rancangan perangkat-perangkat ataupun sebuah sistem.²

2.1.4. Tenaga Angin

Angin adalah udara yang bergerak dari tekanan tinggi ke tekanan rendah. Perbedaan tekanan ini akibat radiasi sinar matahari yang tidak merata sehingga menyebabkan perbedaan suhu udara. Angin yang bergerak memiliki energi kinetik. Sehingga di konversi kedalam energi listrik dengan menggunakan turbin angin yang memutar generator. Sehingga turbin angin ini sering disebut konversi energi angin (SKAE).

Angin adalah udara yang memiliki potensi kecepatan angin sementara udara juga memiliki massa maka angin memiliki energi kinetik. Menurut fisika klasik energi kinetik dari angin adalah :

$$W = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times v^3 \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana : w = total daya yang dibutuhkan

$$\rho = 1.225 \text{ kg/m}^2$$

A = luas sapuan turbin (h x D)

v = kecepatan angin

² Muhammad Haris Fauzi, *prototype instalasi listrik AC 1 fasa 1300w pada rumah tinggal tipe 36 menggunakan pembangkit listrik hybrid PLN dan PLTS berbasis ATS-AMF PLC*, (Universitas Negeri Jakarta:2015), h. 8

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

Dimana : E = energi kinetik (joule)

m = massa angin (kg)

v = kecepatan angin (m/s)

Pengaruh ketinggian terhadap kecepatan angin dapat ditunjukkan oleh persamaan berikut :

$$v_2 = v_1 \left(\frac{h_2}{h_1}\right)^\alpha \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana : v1 = kecepatan angin saat ketinggian referensi h1 (m/s)

v2 = kecepatan angin saat ketinggian h2 (m/s)

α = konstanta permukaan tanah untuk daerah dengan banyak pepohonan nilainya 0,25 dan untuk daerah pantai 0,1.

Daya yang dimiliki oleh angin dapat ditunjukkan oleh persamaan berikut:

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

dimana : P = daya angin (watt)

ρ = kerapatan udara (kg/m³)

A = luas sapuan blade rotor turbin (m²)

Terlihat bahwa energi yang dimiliki oleh angin adalah fungsi pangkat tiga dari kecepatannya. Sementara kerapatan udara berkisar antara 0,9 (kg / m³) hingga

1,4 (kg / m³). Persamaan tersebut merupakan daya yang diperoleh saat keadaan ideal, dengan mengabaikan rugi-rugi daya dan energi angin dikonversi seluruhnya menjadi energi listrik. Namun kenyataannya dilapangan tidak seperti itu. Terdapat faktor efisiensi mekanik turbin angin dan generator, maka daya yang dapat diperoleh dari energi angin menjadi :

2.1.5. PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu)

Angin adalah sumber energi bersih dan secara keseluruhan penggunaan angin untuk energi memiliki dampak lingkungan yang lebih sedikit dibandingkan banyak sumber energi lainnya. Turbin angin (sering disebut kincir angin) tidak melepaskan emisi yang mencemari udara atau air, dan tidak memerlukan air untuk pendinginan. Turbin angin juga dapat mengurangi jumlah listrik yang dihasilkan dari bahan bakar fosil dan oleh karena itu mengurangi jumlah polusi udara, emisi karbon dioksida, dan penggunaan air dibandingkan pembangkit listrik berbahan bakar fosil. Penggerak turbin angin yang perlu diperhatikan ialah kecepatan angin yang dibutuhkan untuk menggerakkan turbin angin agar dapat menghasilkan energi listrik. Berikut adalah tabel angin 2.1 yang dapat diketahui di sekitar kita dengan melihat benda-benda disekitar kita yang bergerak.

Tingkat Kecepatan Angin 10 meter di atas permukaan Tanah		
Kelas Angin	Kecepatan Angin m/d	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, daun2 bergoyang pelan, 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 plampung berombak kecil
8	13.9 ~ 17.1	Ujung pohon melengkung, hembusan angin terasa di telinga
9	17.2 ~ 20.7	dpt mamatahkan ranting pohon, jalan berat melawan arah angin
10	20.8 ~ 24.4	dpt mematahkan ranting pohon, rumah rubuh
11	24.5 ~ 28.4	dpt merubuhkan pohon, menimbulkan kerusakan
12	28.5 ~ 32.6	menimbulkan kerusakan parah
13	32.7 ~ 36.9	tornado

Gambar 2.2. Tabel Identifikasi Kecepatan Angin

Sumber : kuntobigbrain.blogspot.co.id

2.1.5.1. Komponen Utama PLTB

Komponen utama yang dibutuhkan oleh *wind turbine* diantaranya ialah :



Gambar 2.3. Mekanik PLTB
Sumber : Dokumentasi pribadi

2.1.5.1.1. Bilah Kipas (*Blades*)



Gambar 2.4. Bilah kipas (blades)
sumber : Dokumentasi pribadi

Bilah kipas berfungsi untuk menangkap angin dan merubahnya menjadi putaran yang akan diteruskan ke generator. Bilah kipas yang digunakan pada kali ini digunakan bilah kipas sebanyak 5 *blades*, supaya lebih mudah mendapat

terpaan angin sehingga generator dapat berputar juga. Bahan *blades* tersebut terbuat dari fiber dan plastik agar kuat saat menerima terpaan angin.

2.1.5.1.2. Generator Listrik



Gambar : 2.5. Generator Listrik
Sumber : Dokumentasi pribadi

Sesungguhnya mesin penggerak generator melakukan konversi energi primer menjadi energi mekanik penggerak generator³. Generator listrik ini sebenarnya banyak jenisnya yang sangat penting dalam setiap pembangkit karena generator listrik merupakan komponen utama untuk menghasilkan listrik. Pada perancangan kali ini generator yang digunakan pada turbin angin yaitu generator AC dengan magnet tetap dengan daya maksimal yang dikeluarkan yaitu sebesar 600w 24v.

2.1.5.1.3. Ekor Kincir



Gambar : 2.6. Ekor Kincir
Sumber : Dokumentasi pribadi

³ Djiteng Marsudi, *pembangkitan energi listrik*, (Penerbit Erlangga : 2005), h. 1

Ekor pada kincir angin berguna untuk *wind turbinr Horizontal*, fungsi dari ekor tersebut untuk mengetahui setiap ada angin dari arah manapun sehingga *blades* / baling-baling mengarah ke angin yang datang

2.1.5.1.4. Poros Turbin Angin



Gambar : 2.7. Poros Turbin Angin

Sumber : Dokumentasi pribadi

Bilah baling baling terhubung ke poros rotor yang menghubungkan dengan gear penambah putaran terhubung langsung dengan poros motor listrik.

2.1.5.1.5. Rumah Mesin / *Body*



Gambar : 2.8. Rumah Mesin / *Body*

Sumber : Dokumentasi pribadi

Rumah mesin (*nacelle*) merupakan badan pembungkus untuk melindungi komponen-komponen PLTB seperti *gear box* dan generator listrik. Di depan *nacelle* terdapat kincir angin..

2.1.5.1.6. Tiang Penyangga



Gambar : 2.9. Tiang Penyangga

Sumber : Dokumentasi pribadi

Tiang penyangga turbin angin sangat penting untuk menyangga beban wind turbine dengan berat 13kg serta harus kuat juga saat menerima terpaan angin sehingga wind turbine kokoh berdiri di ujung tiang tersebut, tiang penyangga yang digunakan untuk penyangga kali ini dari pipa air dengan bahan baja campur besi sehingga anti karat dan sangat kokoh.

2.1.5.2. Prinsip Kerja PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu)

Cara kerja dari pembangkitan listrik tenaga angin ini yaitu awalnya energi angin memutar turbin angin. Turbin angin bekerja berkebalikan dengan kipas angin (bukan menggunakan listrik untuk menghasilkan listrik, namun menggunakan angin untuk menghasilkan listrik). Kemudian angin akan memutar sudu turbin, lalu diteruskan untuk memutar rotor pada generator di bagian belakang turbin angin. Generator mengubah energi gerak menjadi energi listrik dengan teori medan *elektromagnetik*, yaitu dengan poros pada generator dipasang material *ferromagnetik permanen*. Setelah itu di sekeliling poros terdapat stator

yang bentuk fisiknya adalah kumparan-kumparan kawat yang membentuk *loop*. Ketika poros generator mulai berputar maka akan terjadi perubahan fluks pada stator yang akhirnya karena terjadi perubahan fluks ini akan dihasilkan tegangan dan arus listrik tertentu. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan ini disalurkan melalui kabel jaringan listrik untuk akhirnya digunakan oleh beban. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh generator ini berupa DC (*Direct Current*), energi listrik ini biasanya akan disimpan kedalam baterai sebelum dapat dimanfaatkan.⁴

2.1.6. Jenis *Wind Turbine*

2.1.6.1. *Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)*

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

⁴<http://lugiromadoni.blogspot.com/> (Diakses pada senin 7 september 2015 pukul 21.30 WIB)



Gambar 2.10. Horizontal Axis Wind Trbine (HAWT)

Sumber : <http://michael-suseno.blogspot.co.id/2011/09/turbin-angin.html>

- Turbin jenis HAWT ini mempunyai sumbu putar turbin horizontal dengan tanah. Turbin jenis ini paling banyak digunakan di berbagai negara

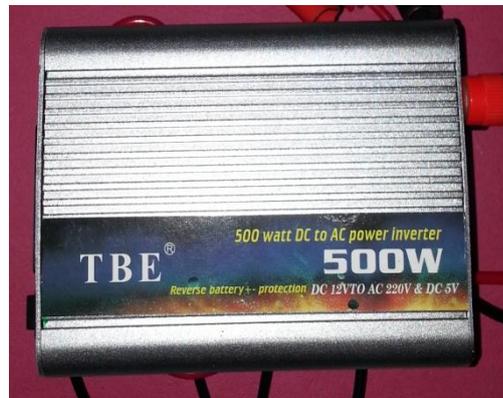
Turbin angin ini terdiri dari atas dua jenis, yaitu :

- Mesin upwind mempunyai rotor yang berhadapan langsung dengan angin. Desainnya tidak fleksibel dan memerlukan sistem yaw agar rotor tetap berhadapan dengan angin.
- Mesin downwind mempunyai rotor yang diletakkan dibelakang menara. Desain turbin lebih fleksibel dan tidak menggunakan sistem yaw, namun kelemahan angin harus melalui menara dahulu sebelum sampai pada turbin sehingga menambah beban turbin.

2.1.7. Inverter

Inverter adalah rangkaian elektronika daya yang digunakan untuk mengkonversikan tegangan searah (DC) ke suatu tegangan bolak-balik (AC). Ada

beberapa topologi inverter yang ada sekarang ini, dari yang hanya menghasilkan tegangan keluaran kotak bolak-balik (*push-pull inverter*) sampai yang sudah bisa menghasilkan tegangan sinus murni (tanpa harmonisa). Inverter satu fasa, tiga fasa sampai dengan multifasa dan ada juga yang namanya inverter multilevel (*capasitor split, diode clamped*, dan susunan kaskade). Ada beberapa cara teknik kendali yang digunakan agar inverter mampu menghasilkan sinyal sinusoidal, yang paling sederhana adalah dengan cara mengatur keterlambatan sudut penyalaan inverter di tiap lengannya.



Gambar 2.11. Inverter PWM (*Pulse Width Modulation*)

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Cara yang paling umum digunakan adalah dengan modulasi lebar pulsa (PWM). Sinyal kontrol penyaklaran di dapat dengan cara membandingkan sinyal referensi (sinusoidal) dengan sinyal *carrier* (digunakan sinyal segitiga). Dengan cara ini frekuensi dan tegangan fundamental mempunyai frekuensi yang sama dengan sinyal referensi sinusoidal.

2.1.7.1. Prinsip Kerja Inverter

Prinsip kerja inverter adalah mengubah *input* motor (listrik AC) menjadi DC dan kemudian dijadikan AC. Inverter biasanya menggunakan rangkaian modulasi lebar pulsa (*Pulse Width Modulation / PWM*) dalam proses konversi tegangan DC menjadi tegangan AC.

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam memilih inverter DC ke AC diantaranya adalah :

1. Kapasitas beban yang akan disuplai oleh inverter dalam Watt, usahakan memilih inverter yang beban kerjanya mendekati dengan beban yang hendak kita gunakan agar efisiensi kerjanya maksimal.
2. Sumber tegangan input inverter yang akan digunakan, input DC 12 Volt atau 24 Volt.

Bentuk gelombang output inverter, *Sine Wave* ataupun *Square Wave* untuk tegangan output AC inverter. Hal ini berkaitan dengan kesesuaian dan efisiensi inverter DC ke AC tersebut.

2.1.8. ACCU / Akumulator

Akumulator (*accu*, aki) adalah sebuah alat yang dapat menyimpan energi (umumnya energi listrik) dalam bentuk energi kimia. *Accu* termasuk sel sekunder, karena selain menghasilkan arus listrik, *accu* juga dapat diisi arus listrik kembali *Accu* yang digunakan untuk PLTB menggunakan *accu* jenis VRLA.



Gambar 2.12. Accu / Akumulator
 Sumber : Dokumentasi Pribadi

VRLA kepanjangan dari *Valve Regulated Lead Acid* yang memiliki sebutan lain SLA (*Sealed Lead Acid*). Baterai jenis ini bersifat tertutup (*sealed*), sehingga penguapan/evaporasi yang dikeluarkan sangat kecil maka tidak memerlukan penambahan cairan elektrolit selama masa pemakaian baterai tersebut. Oleh karena itu sumber listrik searah dibangkitkan dari dua jenis elemen basah dan elemen kering.

2.1.8.1. Elemen Kering

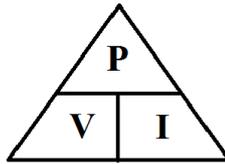
Disebut elemen kering karena pada alat ini tidak menggunakan cairan, melainkan berupa pasta elektrolit sebagai pengganti cairan. Cara kerja elemen kering didasarkan pada peristiwa depolarisasi. Sebagai depolarisitor adalah suatu campuran tertentu antara mangan dioksida dengan serbuk arang yang berfungsi menghilangkan gelembung gas pada elektroda positif.

2.1.8.2. Elemen Basah

Disebut elemen basah karena pada alat ini mempergunakan cairan elektrolit guna merendam plat katoda dan plat anoda. Adapun yang dimaksud cairan

elektrolit ialah larutan asam air, larutan semacam ini merupakan penghantar yang baik untuk listrik.

Perhitungan berapa lama aki menyuplai dapat mem-*backup* beban :



I = Kuat Arus (Ampere)

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

Dieffisiensi Aki sebesar 20 %⁵

2.1.9. Charge Controller

Charge Controller adalah rangkaian elektronik yang mengatur proses pengisian aki (*Battery Bank*). Tegangan DC yang dihasilkan oleh PLTB umumnya bervariasi 12 volt ke atas. Kontroler ini berfungsi sebagai alat pengatur tegangan aki agar tidak melampaui batas toleransi dayanya.

Charge controller PWM (Pulse Width Modulation) adalah alat pengontrol pengisian yang berfungsi mengecaskan aki dengan menggunakan modulasi pulsa untuk mengendalikan keberlangsungan pengisian. Ketika aki mendekati kondisi terisi penuh, alat PWM akan perlahan-lahan menurunkan jumlah daya yang masuk ke baterai demi untuk mengurangi panas pada aki tersebut. Alat pengecas PWM banyak terdapat di pasaran, harganya juga lebih murah, dan tersedia dalam berbagai ukuran untuk aplikasi yang luas. Keterbatasan kontroler PWM antara

⁵ Robertson John B, *keterampilan teknik listrik praktis*, (Bandung, Desember 1992), h. 82

lain yaitu ukuran tegangan alat pengecas harus sesuai dengan tegangan bank baterai dan kapasitas alat PWM biasanya terbatas pada 60 amper (maksimum).⁶



Gambar 2.13. Charge Controller PWM (Pulse Width Modulation)
Sumber : Dokumentasi Pribadi

2.1.10. Wind Generator Controller / Kiprok

Wind generator controller ialah pengontrol arus dan tegangan yang dihasilkan oleh *wind turbine*, dari keluaran *wind turbine 3 phase* maka akan masuk ke *wind generator controller* dan keluaran menjadi 2 kabel yaitu negatif dan positif. Disebut juga penurun dan sekaligus pengubah tegangan ac 3 *phase* menjadi 1 *phase*. *Wind generator controller* terbuat dari alumunium dan dilapisi oleh plastik cair sehingga anti air.



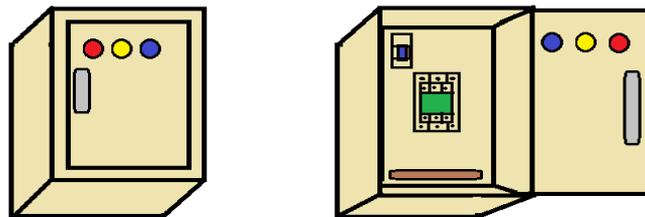
Gambar 2.14. Generator Wind Controller
Sumber : Dokumentasi pribadi

⁶ <http://dayasurya.weebly.com/controller.html> (Diakses pada senin 7 september 2015 pukul 22.05 WIB)

Komponen di dalam *wind generator controller* / regulator diantara terdapat :

2.1.11. Panel Listrik

Panel adalah susunan beberapa bidang yang membentuk suatu kesatuan bentuk dan fungsi. Panel listrik merupakan tempat pengaturan, pembagi, dan pemutus aliran listrik.



Gambar 2.15. Panel Listrik
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Panel listrik dibagi menjadi 2 jenis berdasarkan fungsi kerjanya, yaitu :

a. Panel Tenaga

Panel ini digunakan untuk membagi tenaga dari sumber utama ke panel yang lainnya.

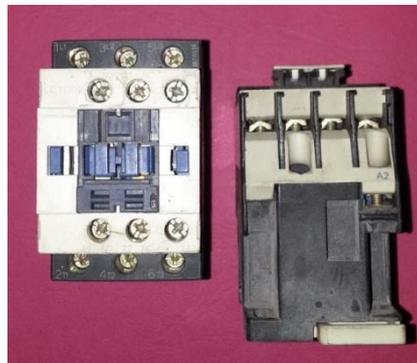
b. Panel Kontrol Listrik

Panel kontrol listrik adalah peralatan yang berfungsi untuk mengatur dan mengendalikan beban listrik di bengkel listrik atau industri yang menggunakan motor listrik sebagai penggerakannya. Pada umumnya pengontrolan di industri ada dua jenis yaitu jenis manual dan jenis otomatis. Pengontrolan manual adalah pengontrolan motor listrik yang dilayani dengan alat kontrol manual. Alat kontrol manual antara lain menggunakan: TPDT, saklar pisau, saklar *ON/OFF*, pengontrolan tromol (*drum controller*). Pengontrolan otomatis adalah

pengontrolan motor listrik yang menggunakan peralatan listrik tanpa melibatkan manual. Komponen dalam panel kontrol antara lain: saklar magnet/*Magnetic Contactor*, pengaman motor, *Time Delay Relay* (TDR), tombol tekan *ON* (*Push Button On*), tombol tekan *OFF* (*Push Button Off*), lampu indikator, konduktor/kabel, rel omega, rel sirip, terminal deret *legrand*.

2.1.12. Kontaktor Magnetik

Kontaktor magnet atau saklar magnet merupakan saklar yang bekerja berdasarkan prinsip kemagnetan. Artinya sakelar ini bekerja jika ada gaya kemagnetan pada penarik kontakannya. Magnet berfungsi sebagai penarik dan sebagai pelepas kontak-kontaknya dengan bantuan pegas pendorong. Sebuah kontaktor harus mampu mengalirkan dan memutuskan arus dalam keadaan kerja normal. Arus kerja normal ialah arus yang mengalir selama pemutusan tidak terjadi. Sebuah kontaktor dapat memiliki koil yang bekerja pada tegangan DC atau AC. Pada tegangan AC, tegangan minimal adalah 85% tegangan kerja, apabila kurang maka kontaktor akan bergetar.



Gambar 2.16. Kontaktor Magnetik
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Ukuran dari kontaktor ditentukan oleh batas kemampuan arusnya. Biasanya pada kontaktor terdapat beberapa kontak, yaitu kontak normal membuka (*Normally Open* = NO) dan kontak normal menutup (*Normally Close* = NC). Kontak NO berarti saat kontaktor magnet belum bekerja kedudukannya membuka dan bila kontaktor bekerja kontak itu menutup/menghubung. Sedangkan kontak NC berarti saat kontaktor belum bekerja kedudukan kontakannya menutup dan bila kontaktor bekerja kontak itu membuka. Jadi fungsi kerja kontak NO dan NC berlawanan. Kontak NO dan NC bekerja membuka sesaat lebih cepat sebelum kontak NO menutup.

Fungsi dari kontak-kontak dibuat untuk kontak utama dan kontak bantu. Kontak utama terdiri dari kontak NO dan kontak bantu terdiri dari kontak NO dan NC. Konstruksi dari kontak utama berbeda dengan kontak bantu, yang kontak utamanya mempunyai luas permukaan yang luas dan tebal. Kontak bantu luas permukaannya kecil dan tipis.

Kontaktor pada umumnya memiliki kontak utama untuk aliran 3 fasa. Dan juga memiliki beberapa kontak bantu untuk berbagai keperluan. Kontak utama digunakan untuk mengalirkan arus utama, yaitu arus yang diperlukan untuk beban, misalnya motor listrik, pesawat pemanas dan sebagainya. Sedangkan kontak bantu digunakan untuk mengalirkan arus bantu yaitu arus yang diperlukan untuk kumparan magnet, alat bantu rangkaian, lampu lampu indikator, dan lain-lain.⁷ Notasi dan penomoran kontak-kontak kontaktor sebagai berikut:

⁷ Aji Nurmawan, "*Kontaktor Magnet*", <http://dunialistrikelektron.blogspot.co.id/2015/04/pengertian-kontaktor-magnet-dan.html>, (diakses 22 oktober 2015 pukul 18.44 WIB)

Kontak	Notasi			Jenis Kontak	Pergunaan
	Huruf	Angka			
Utama	L ₁ L ₂ L ₃	1	3 5	NO	Ke Jala-jala
	R S				
	T	2	4 6	NO	Ke Motor
	U V				
	W				
Bantu	-	13	14	NO	Pengunci
		19	20		
		31	32	NO	Fungsi Lain
		Dsb			
	-	21	22		
	41	42	NC	Pengaman dan Fungsi lain	
	-	dsb			
Kumparan Magnet (COIL)		Notasi Huruf		a - b A ₁ - A ₂	

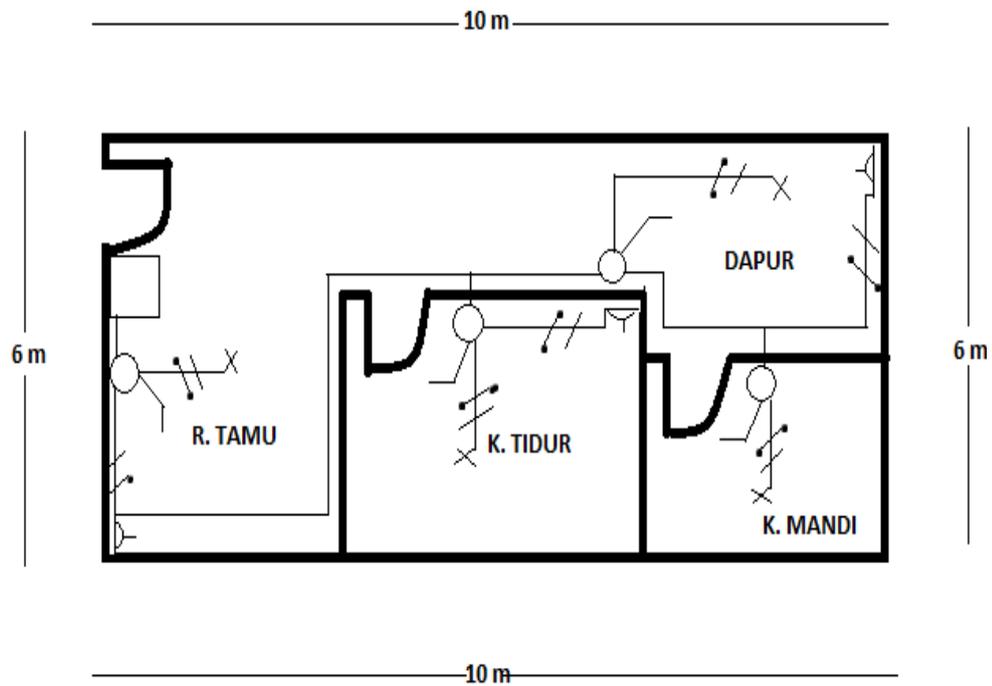
Gambar 2.17. Tabel`Kontaktor
Sumber : jonielektro.wordpress.com

Kontaktor magnet lebih banyak digunakan di bidang industri dan laboratonium. Hal ini karena kontaktor mudah dikendalikan dari jarak jauh. Selain itu, dengan perlengkapan elektronik dapat mengamankan rangkaian listrik.

Tidak seperti sakelar mekanis, dalam merakit dan menggunakan kontaktor harus dipahami rangkaian pengendali (control) dan rangkaian utama. Rangkaian pengendali ialah rangkaian yang hanya menggambarkan bekerjanya kontaktor dengan kontak-kontak bantuannya. Sedangkan rangkaian utama ialah rangkaian yang khusus memberikan hubungan beban dengan sumber tegangan (jala-jala) 1 fasa atau 3 fasa. Bila kedua rangkaian itu dipadu akan menjadi rangkaian pengawatan (circuit diagram).

2.1.13. Instalasi Listrik Rumah Tangga

Pemasangan suatu instalasi listrik di rumah-rumah sebenarnya merupakan pekerjaan yang kompleks. Karena pekerjaan ini menuntut suatu keahlian dalam perencanaan, membaca bagan, pemilihan bahan dan alat-alat serta sekaligus pemasangannya. Berikut ialah wiring instalasi rumah tipe 21.



Gambar 2.18. Wiring Instalasi Rumah

Sumber : Dokumentasi Pribadi

2.1.13.1. Komponen Instalasi Listrik

2.1.13.1.1. Steker



Gambar 2.19. Steker

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Dua buah colokan berbahan logam dan merupakan alat listrik ini berfungsi untuk menghubungkan alat listrik dengan aliran listrik dengan cara ditancapkan pada kanal stop kontak sehingga alat listrik tersebut dapat digunakan.

2.1.13.1.2. MCB (*Miniature Circuit Breaker*).



Gambar 2.20. MCB (*mini circuit breaker*)

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Berfungsi untuk memutuskan aliran daya listrik secara otomatis jika daya yang dihantarkan melebihi nilai batasannya. MCB ini bersifat on/off dan dapat juga berfungsi sebagai sakelar utama dalam rumah. Jika MCB bargainser ini dalam kondisi off, maka seluruh aliran listrik dalam rumah pun terhenti. Sakelar ini biasanya dimatikan pada saat akan dilakukan perbaikan instalasi listrik dirumah.

2.1.13.1.3. *Fiting*



Gambar 2.21. Fitting
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Fitting lampu berfungsi untuk tempat dudukan lampu atau tempat pemasangan lampu pijar.

2.1.13.1.4. Sakelar atau *Switch*.



Gambar 2.22. Saklar
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Merupakan komponen instalasi listrik yang berfungsi untuk menyambung atau memutus aliran listrik pada suatu pemhantar.

2.1.13.1.5. Stop kontak (*outlet*)



Gambar 2.23. Stop Kontak
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Merupakan komponen listrik yang berfungsi sebagai muara hubungan antara alat listrik dengan aliran listrik. Agar alat listrik terhubung dengan stop kontak, maka diperlukan kabel dan steker atau colokan yang nantinya akan ditancapkan pada stop kontak.

2.1.13.1.6. Kabel listrik.



Gambar 2.24. Kabel
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Merupakan komponen listrik yang berfungsi untuk menghantarkan energi listrik ke sumber-sumber beban listrik atau alat-alat pada rangkaian listrik.⁸

2.1.14. Kerangka Berpikir

⁸ John B. Robertson, *Keterampilan Teknik Listrik Praktis*, (Bandung, 2003), h. 103

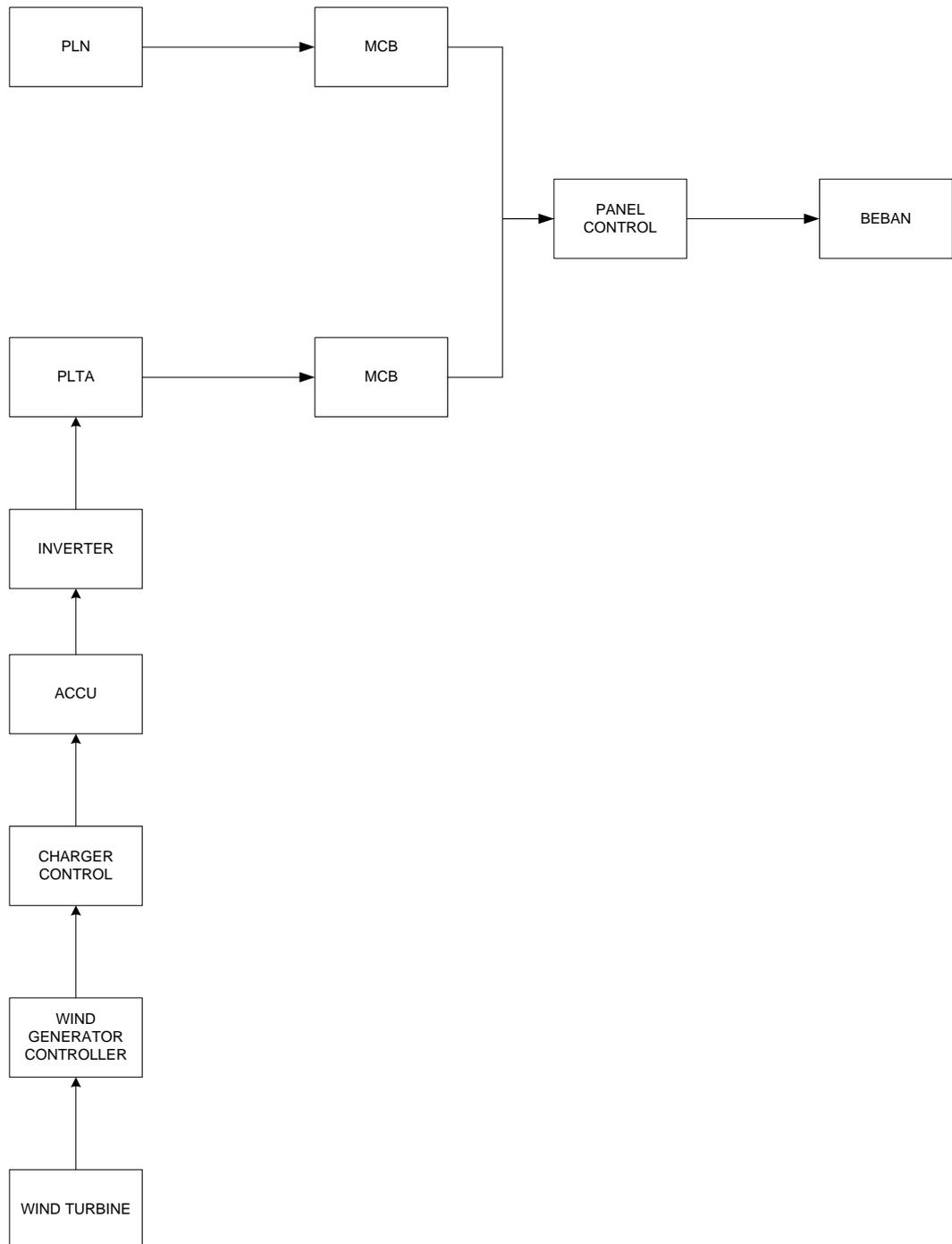
Penelitian dalam pembuatan *Prototype* Pemanfaatan Teknologi Sistem Kelistrikan *Hybrid* yang didasari pada turbin angin sebagai sumber listrik alternatif untuk menghemat/mengurangi penggunaan listrik yang berasal dari PLN. Banyak orang yang belum dapat memanfaatkan potensi angin yang ada disekitar mereka sebagai sumber alternatif di rumah atau lingkungannya. Pemanfaatan angin sebagai sumber *back-up* pada rumah dapat dijadikan energi alternatif yang ramah lingkungan dengan sistem kontrol ATS (*automatic transfer switch*) sebagai pemindah tegangan PLN apabila mengalami pemadaman dandengan otomatis sumber energi alternatif dari PLTB ke *accu* akan menyuplai ke beban dengan sendirinya tanpa campur tangan manusia untuk mengganti sumber tegangan.

Rangkaian kontrol ATS (*automatic transfer switch*) ialah rangkaian kontrol pemindah sumber tegangan utama (PLN) ke sumber cadangan (PLTB). Sistem kerja ATS yaitu memanfaatkan kontaktor dan relay sebagai komponen utama yang berperan untuk memindahkan sumber utama ke sumber cadangan makadari itu tegangan yang masuk ke dalam panel kontrol ATS ini harus berupa tegangan AC agar dapat bekerja maka perlu pengubah tegangan terlebih dahulu.

Komponen pendukung untuk kontrol ATS (*automatic transfer switch*) yaitu (*wind generator controller*) / kiprok yang berguna untuk mengubah tegangan AC yang dihasilkan oleh *wind turbin* menjadi tegangan DC yang selanjutnya akan di kontrol oleh *charger controll* sehingga tegangan keluaran dapat di kontrol dari *wind turbine* oleh *charger controll* sehingga pengisian terhadap *accu* dapat di kontrol apabila sudah terisi penuh dan saat kosong, yang selanjutnya dari *accu*

akan di ubah oleh inverter dari 12 VDC ke 220 VAC yang selanjutnya tegangan dapat masuk ke panel kontrol ATS (*automatic transfer switch*).

Pada pembatasan masalah yang telah diuraikan pada Bab I sistem kontrol yang digunakan ATS (*automatic transfer switch*) yaitu dimana rangkaian ini bekerja apabila sumber utama mengalami pemadaman dan otomatis sumber akan berpindah ke sumber cadangan dan selanjutnya alat dikatakan telah siap apabila telah berfungsi sesuai tujuan pembuatannya dan ketika diuji alat tersebut dapat menyala seperti yang dikehendaki. Setelah dilakukan pengujian alat, maka dilakukan penyusunan hasil penelitian dan juga pembahasannya sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan dari proses pembuatannya hingga alat tersebut jadi dan telah diuji. Setelah melakukan penelitian dari hasil pengujian alat dapat dibuat kesimpulan dari penelitian yang dilakukan.



Gambar 2.25 Blok Diagram Sistem Kerja Alat
Sumber : Dokumentasi Pribadi