

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Objek tempat untuk data penelitian skripsi ini di yaitu di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Energi Terbarukan LAN (Lentera Angin Nusantara) yang terletak di Kp Ciheras, Kecamatan Cipatujah Kabupaten Tasikmalaya Provinsi Jawa barat 46189



Gambar 3.1 Lokasi Pusat Penelitian LAN (foto Pribadi)

Di lokasi ini untuk bagian pembangkitnya terdapat 5 buah turbin untuk pembangkit listrik tenaga angin / bayu dan 3 buah modul surya sel untuk pembangkit listrik tenaga surya nya. Diruang kontrol nya lengkap ada SSC (*Solar Charger Controler*), *Wind Turbin Controler*, *Data Logger*, *Inverter*, *Panel Hybrid* nya dan simulasi bebanya.

Di tempat ini juga tersedia ruang bengkel, perpustakaan dan tempat learning untuk membahas, dan tempat sarana untuk belajar.

Diperlukan suatu prosedur atau tahapan pengerjaan penelitian dari mulai langkah awal hingga selesainya penelitian agar memudahkan penulis dan pembaca dalam memahami tahapan pengerjaan penelitian tugas akhir ini. Oleh

karena itu penulis membuat rancangan dan kerangka penelitian dengan tahapan sebagai berikut:

1. Melakukan studi literatur tentang PLT Hibrid, PLTB, PLTS
2. Melakukan dan merancang alat ukur untuk proses pengambilan data.
3. Melakukan pengukuran serta analisis data dan membandingkannya.
4. Melakukan evaluasi hasil data penelitian serta proses pembuatan laporan.

Proses pengambilan data dilakukan dalam dua kondisi, kondisi musim kemarau dan kondisi musim hujan. Untuk kondisi dalam musim hujan data diambil selama 1 bulan yaitu pada tanggal 1 April 2017 sampai 30 April 2017 sedangkan untuk musim kemarau data diambil selama 1 bulan yaitu pada tanggal 1 Juli 2017 sampai dengan 31 Juli 2017.



Gambar 3.2 Menara Kincir Angin untuk PLTB (foto Pribadi)

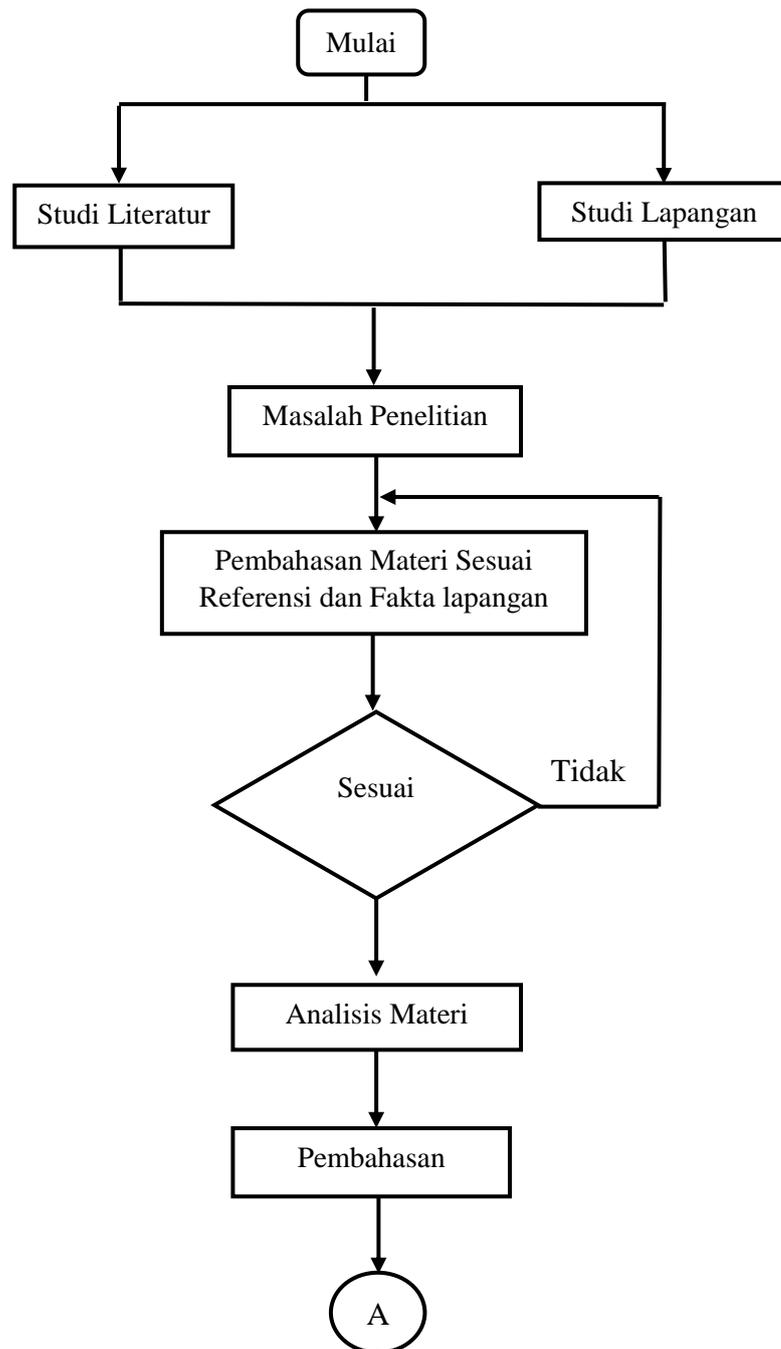


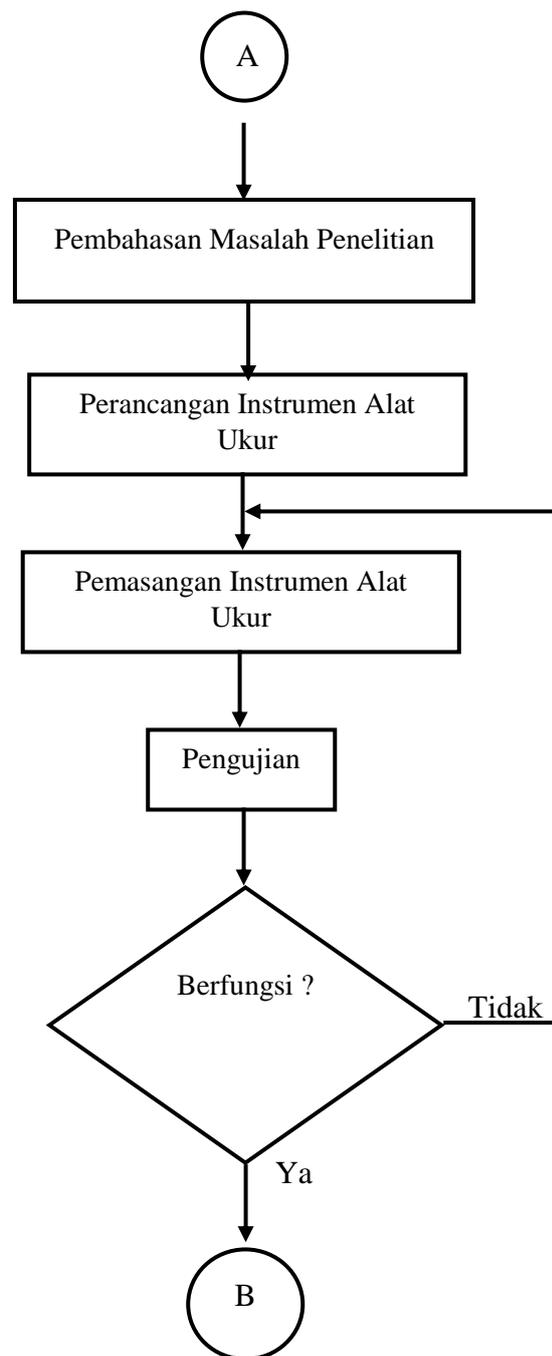
Gambar 3.3 Sel Photovoltaic untuk PLTS(foto Pribadi)

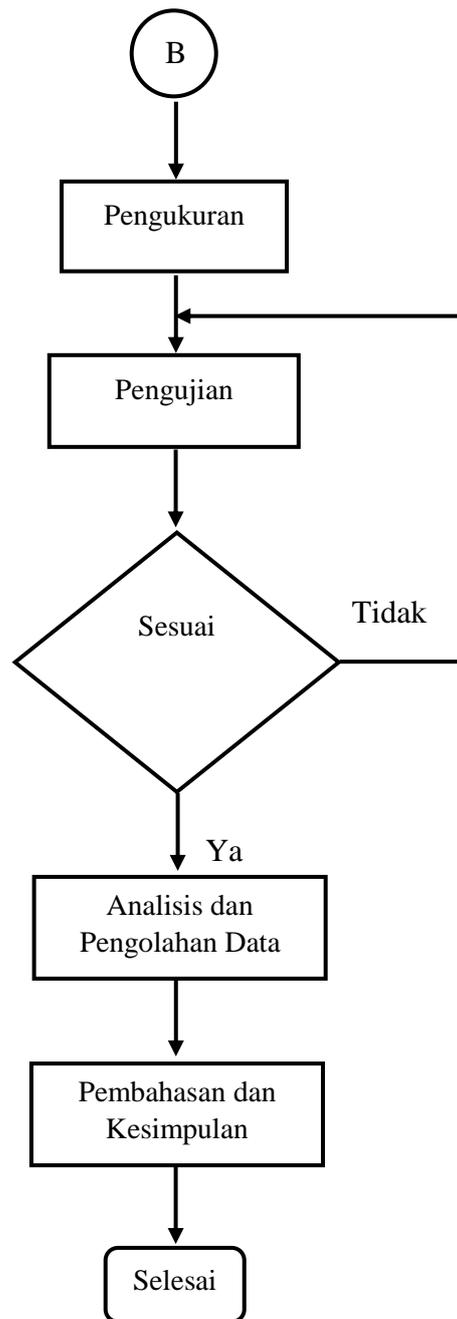
### 3.2 Alur Penelitian

Penelitian yang terarah dan sistematis membutuhkan pembuatan *flowchart* penelitian. *Flowchart* ini berisi langkah-langkah penelitian, mulai dari langkah awal, yaitu studi literatur dan studi lapangan, lalu menentukan masalah penelitian, selanjutnya proses pengambilan data, sehingga bisa dilakukan proses pengolahan data, lalu dilakukan pembahasan, hingga ke langkah akhir, yaitu penulisan kesimpulan.

#### 3.2.1 Alur Flor Chart Penelitian Secara Umum







### 3.3 Alat Bantu Penelitian

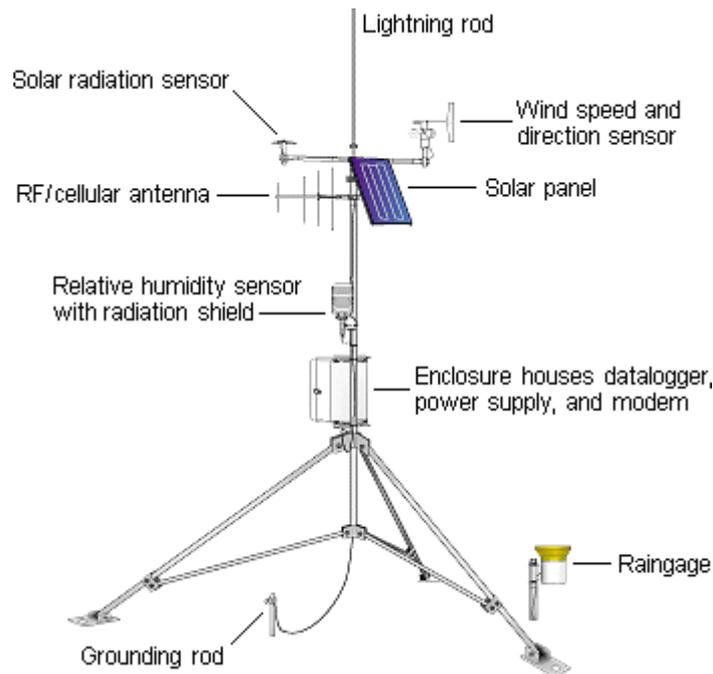
Alat bantu untuk penelitian ini berupa AWS (*Automatic Weather Station*) yang dilengkapi dengan sensor kecepatan angin, arah angin, solar radiasi, kesemua data tersebut tersimpan di data logger. Selain itu ada juga kWh meter untuk mendata semua beban yang telah digunakan dan AVO Meter. Berikut adalah data alat bantu penelitian ini :

#### 3.3.1 AWS (*Automatic Weather Station*)

AWS merupakan suatu peralatan atau sistem terpadu yang di disain untuk pengumpulan data cuaca secara otomatis serta di proses agar pengamatan menjadi lebih mudah. AWS ini adalah alat untuk mengukur dan mendata kecepatan angin, arah angin, radiasi sinar matahari dan intensitas cahaya matahari. Untuk mendata semua parameter tersebut, AWS ini dilengkapi dengan sensor – sensor seperti : *wind speed sensor (anemo meter)*, *wind direction sensor*, *Solar irradiance meter*, *air pressure sensor*, *temperature dan humidity sensor* yang semuanya ditempatkan dibagian luar ruang kontrol dan masing – masing diletakan di menara AWS.



Gambar 3.4 Menara AWS (foto Pribadi)



Gambar 3.5 Skema AWS (LAN, 2016)

Alat pengukur cuaca otomatis (Automatic Weather Station / AWS) merupakan alat yang terdiri dari beberapa sensor terintegrasi yang digunakan untuk melakukan pengukuran tekanan udara, suhu, kelembaban, arah dan kecepatan angin, radiasi matahari, serta curah hujan yang di rekam secara otomatis.

Berdasarkan penggunaannya AWS dibedakan menjadi :

- a. Real-time AWS, merupakan stasiun yang menghasilkan data meteorologi, AWS tipe ini digunakan untuk pengamatan sinoptik, memonitor keadaan bahaya seperti badai, banjir, air pasang.
- b. Off line AWS, merupakan stasiun yang melakukan penyimpanan data baik didalam maupun diluar peralatan. Pengamat diperlukan untuk melakukan penyimpanan data dan mengolah data, stasiun tipe ini biasanya adalah stasiun klimatologi dan untuk melakukan survei.

Secara hard ware komponen AWS dapat dibagi menjadi beberapa bagian utama, yaitu :

- a. Sensor AWS Digunakan untuk melakukan pengamatan cuaca, biasanya terpasang pada tower meteorologi dan terhubung dengan CPS (Central

Processing System) dengan sheilded cable, fibre optic maupun radio link.

- b. Central Processing System (CPS) CPS sebagai pengumpul data dan mengkonversinya kedalam komputer, didalam CPS terdapat microprocessor yang melakukan pengaturan pengolahan data dari sensor, penyimpanan data, dan mentransmisikan data.
- c. Peralatan pelengkap Bagian ini merupakan penunjang kerja AWS, seperti : Stabilizer Power Supply, UPS, komputer, printer, seven segment display.

AWS ini terhubung ke data logger untuk data nya direkam dan disimpan, selain di simpan data dari AWS ini ditransmisikan ke stasiun BMKG, LAPAN serta PLN melalui jaringan internet.

Data AWS ini disimpan dalam format microsoft excel

### 3.3.2 Data Logger

Data logger adalah sebuah alat proses otomatis pengumpulan dan perekaman data dari sensor untuk tujuan pengarsipan atau tujuan analisis. Sensor digunakan untuk mengkonversi besaran fisik menjadi sinyal listrik yang dapat diukur secara otomatis dan akhirnya dikirimkan ke komputer atau mikroprosesor untuk pengolahan.

Semua data yang diperoleh dari AWS disimpan dialat data logger ini untuk kemudian direkam dan disimpan dalam bentuk microsoft excel.

Data logger ini menggunakan mikroprosesor arduino dan media penyimpanan berupa *memory card*. Untuk membuka data nya, maka harus menggunakan program microsoft excel karena data direkam dan disimpan dalam format excel.



Gambar 3.5 Data Logger (foto Pribadi)

### 3.3.3 kWh Meter

KWh meter adalah alat yang berfungsi untuk mengukur energi listrik yang telah terpakai oleh pengguna. KWh meter sekarang tidak hanya bisa mengukur daya saja, tapi bisa mengukur, tegangan, arus dan faktor daya



Gambar 3.6 kWh Meter (foto Pribadi)

### 3.3.4 AVO Meter

Avometer berasal dari kata "AVO" dan "meter". 'A' artinya ampere, untuk mengukur arus listrik. 'V' artinya voltase, untuk mengukur voltase atau tegangan. 'O' artinya ohm, untuk mengukur ohm atau hambatan. Terakhir, yaitu meter atau satuan dari ukuran. AVO Meter sering disebut dengan Multimeter atau Multitester. Secara umum, pengertian dari AVO meter adalah suatu alat untuk mengukur arus, tegangan, baik tegangan bolak-balik (AC) maupun tegangan searah (DC) dan hambatan listrik. Avo meter ini digunakan untuk mengukur tegangan baterai.



Gambar 3.6 AVO Meter (foto Pribadi)

### 3.4 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu/Angin

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) adalah suatu teknologi pembangkit listrik yang merubah potensi energi angin menjadi energi listrik. Angin adalah udara yang bergerak/mengalir, sehingga memiliki kecepatan, tenaga dan arah. Penyebab dari pergerakan ini adalah pemanasan bumi oleh radiasi matahari. Udara di atas permukaan bumi selain dipanaskan oleh matahari secara langsung, juga mendapat pemanasan oleh radiasi matahari bumi tidak homogen, maka jumlah energi matahari yang diserap dan dipancarkan kembali oleh bumi berdasarkan tempat dan waktu adalah

Nanang Rizal, 2017

Analisis Pembangkit Listrik Hybrid Tenaga Angin Dan Energi Sel Surya Di Lentera Angin Nusantara (Lan)

repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

bervariasi. Hal ini menyebabkan perbedaan temperatur pada atmosfer, yang menyebabkan perbedaan kerapatan dan tekanan atmosfer. Udara memiliki sifat untuk selalu mencapai kesetimbangan tekanan, karena itu perbedaan kecepatan dan tekanan atmosfer ini menyebabkan udara bergerak dari daerah yang bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah.

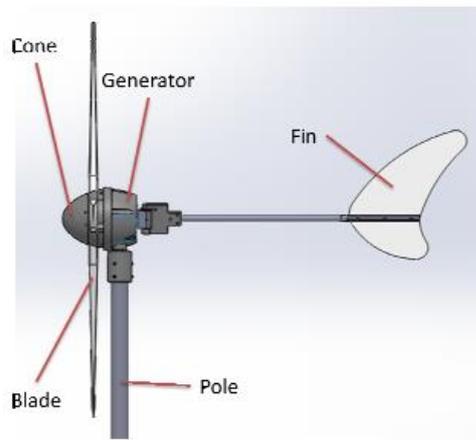
Pada daerah yang relatif panas, partikel udara mendapat energi sehingga udara memuai. Akibat dari pemuaian ini, tekanan udara di daerah itu naik, namun kerapatan udara menjadi berkurang, sehingga berat jenis udara di tempat itu menjadi relatif kecil, akibatnya udara berekspansi ke atas dan menyebabkan terjadinya penurunan tekanan di daerah yang ditinggalkannya. Daerah ini lalu diisi oleh udara dari daerah sekelilingnya yang memiliki tekanan udara dan massa jenis lebih tinggi. Udara yang berekspansi ke atas lalu mengalami penurunan suhu, sehingga terjadi penyusutan dan massa jenisnya kembali naik. Udara ini akan turun kembali di tempat lain yang memiliki tekanan yang lebih rendah. Hal ini berlangsung terus menerus sepanjang waktu, sehingga pergerakan udara terus berlangsung.

Angin adalah udara yang memiliki massa dan bergerak dengan kecepatan tertentu. Akibat pergerakan ini, angin memiliki daya yang sebanding dengan massanya dan berbanding lurus dengan kuadrat kecepatannya. Secara ideal kecepatan angin yang menggerakkan kincir angin ada tiga, yaitu kecepatan aliran angin masuk ( $V_i$ ) atau kecepatan aliran angin menuju *blade*, kecepatan aliran angin saat mengenai *blade* ( $V_a$ ) dan kecepatan aliran angin ketika meninggalkan *blade* ( $V_e$ ), yaitu :

Untuk mengkonversi

Di Pusat Penelitian dan Pengembangan energi terbarukan LAN ini terdapat 5 buah turbin angin. Kesemua turbin angin di LAN ini menggunakan turbin angin jenis 3 blade propeller. Mengapa memilih turbin jenis ini karena, turbin jenis mempunyai  $C_p$  (tingkat efisiensi) 40%, artinya turbin ini mampu mengambil 40% total dari energi angin yang diterimanya. Selain itu blade jenis ini cocok pada putaran tinggi dan mulai menghasilkan energi listrik pada kecepatan 2 m/s dan mencapai daya maksimal pada kecepatan 12 m/s dan di atasnya, turbin ini juga dapat bertahan pada kecepatan angin yang sangat tinggi yaitu pada

kecepatan 33 m/s. Jenis turbin angin di LAN merupakan jenis Turbin angin *The Sky Dancer* TSD-500. Kenapa dinamakan *The Sky Dancer* karena turbin angin ini mempunyai ekor/fin yang berfungsi sebagai pengaman mekanik apabila kecepatan angin lebih dari 12 m/s maka ekor akan mengarahkan turbin angin ke arah sebaliknya supaya blade dan generator tidak rusak karena kecepatan angin terlalu tinggi. Karena fungsi ekor ini bolak – balik mengikuti arah angin, apabila dilihat maka seperti menari – nari, hal inilah turbin ini dinamakan *the sky dancer*. Fungsi dari cone adalah untuk memecah angin supaya tepat menerpa di permukaan bladenya

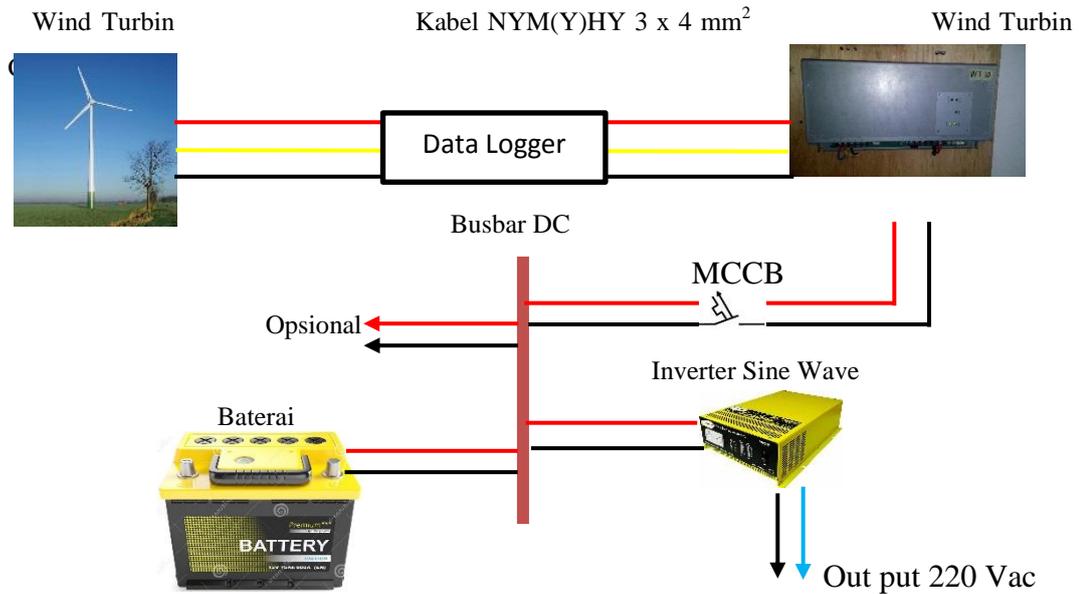


Gambar 3.7 Turbin Angin TSD-500 (LAN, 2012)

Spesifikasi :

Tipe Turbin	: TSD – 500 watt
Daya Maksimal	: 500 Watt
Start up Wind Speed	: 2 m/s
Maksimal Wind Speed	: 33 m/s
Blade diameter	: 1,6 m
Banyak nya blade	: 3 buah

### Diagram Pengawatan Sistem turbin angin di LAN



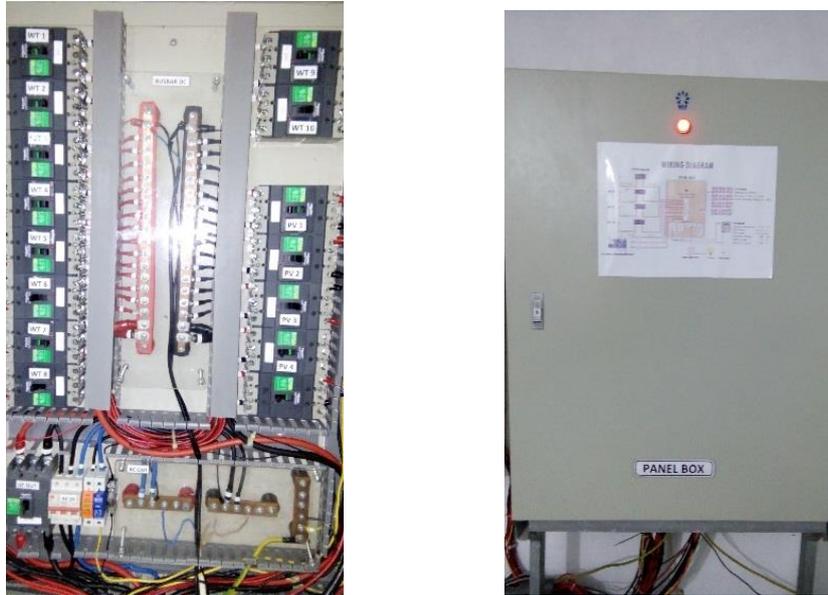
Ketika ada angin berhembus maka Blade berputar membuat generator ikut berputar dan menghasilkan tegangan AC 3 phasa dengan batas tegangan 160 V sebelum masuk ke *controller*, tegangan masuk dulu ke data logger untuk direkam.. Tegangan listrik 3 fasa dari data logger kemudian dialirkan menuju *Wind Turbin Controler* Karena angin yang dihembuskan selalu berubah maka tegangan yang dihasilkan oleh turbin angin pun ikut berubah ubah (fluktuasi) bisa lebih dan bisa kurang, untuk itu diperlukan *controller* untuk menstabilkan tegangan yang masuk ke beban/baterai dan memproteksi sistem.



Gambar 3.8 Wind turbin Controller (foto Pribadi)

Dari controller tegangan keluar stabil 24 Vdc menuju busbar DC yang terdapat di panel box. Di busbar DC semua tegangan yang masuk dari turbin

angin dan solr sel terkumpul di busbar DC. Dari busbar listrik dialirkan ada yang menuju baterai, inverter sinewave dan ada juga untuk opsional lainnya.



Gambar 3.9 Panel Box (foto Pribadi)

Untuk membantu menstabilkan tegangan ketika sedang digunakan karena bisa saja angin tidak bertiup dan tidak menghasilkan energi listrik maka diperlukan baterai untuk menjaga agar energi listrik tetap bisa digunakan



Gambar 3.9 Baterai(foto Pribadi)

Baterai pada foto diatas berjumlah 12 buah dengan spesifikasi 2 Vdc/800 Ah. Jika jumlah nya diserikan maka semua nya memiliki tegangan total  $2 \times 12 = 24$  Volt. Baterai ini berfungsi sebagai cadangan bila mana tidak ada angin dan

solar sel ketika malam hari dan menjaga tegangan tetap stabil 24 volt yang masuk ke inverter.

Pada sistem terakhir agar listrik tersebut bisa digunakan maka harus di ubah dulu ke tegangan AC Volt yaitu dengan alat inverter. Inverter mengubah tegangan listrik DC yang dari baterai, solar sel dan turbin angin menjadi tegangan AC untuk digunakan.



Gambar 3.10 Inverter (foto Pribadi)

Invereter yang digunakan di LAN adalah merek Luminous tipe 2500 VA Sine Wave, berspesifikasi :

- Kapasitas Maksimum = 2500 W
- Output tegangan = 230 V
- Ouput Arus = 11 A
- Frekuensi =  $50 \pm 2\%$

### 3.5 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah suatu teknologi pembangkit listrik yang mengkonversi energi foton dari surya menjadi energi listrik. Konversi ini dilakukan pada panel surya yang terdiri dari sel – sel fotovoltaik. Sel – sel ini merupakan lapisan – lapisan tipis dari silikon (Si) murni atau bahan semikonduktor lainnya yang diproses sedemikian rupa, sehingga apabila bahan tersebut mendapat energi foton akan mengeksitasi

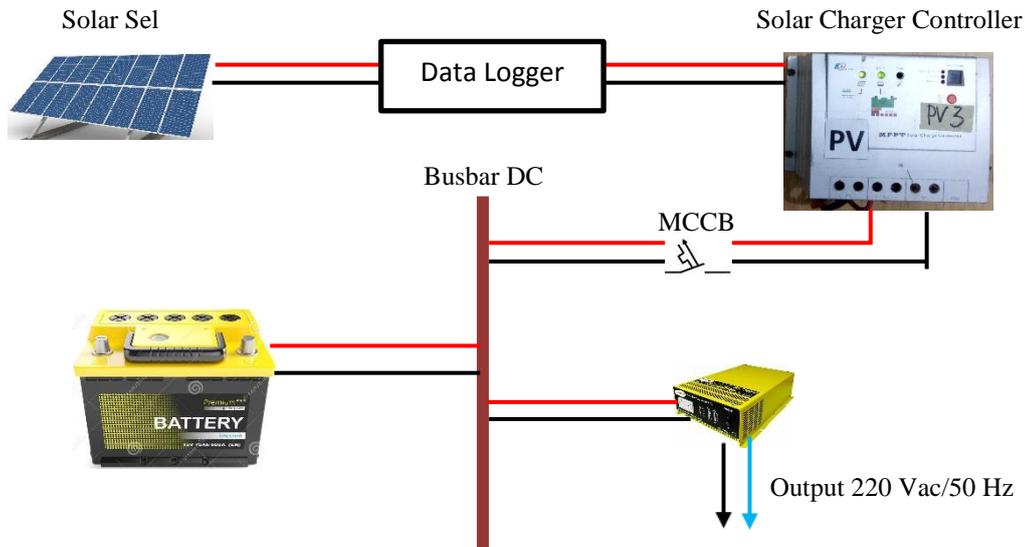
elektron dari ikatan atomnya menjadi elektron yang bergerak bebas, dan pada akhirnya akan mengeluarkan tegangan listrik arus searah.

PLTS memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan listrik DC (*direct current*), yang dapat diubah menjadi listrik AC (*alternating current*) apabila diperlukan. Oleh karena itu meskipun cuaca mendung, selama masih terdapat cahaya, maka PLTS tetap dapat menghasilkan listrik. PLTS pada dasarnya adalah pecatu daya (alat yang menyediakan daya), dan dapat dirancang untuk mencatu kebutuhan listrik yang kecil sampai dengan besar, baik secara mandiri, maupun dengan hybrid, baik dengan metoda desentralisasi (satu rumah satu pembangkit) maupun dengan metoda sentralisasi (listrik didistribusikan dengan jaringan kabel).



Gambar 3.11 Solar Sel (foto Pribadi)

### Diagram Pengawatan PLTS di LAN



Spesifikasi Sel Untuk solar sel yang digunakan di LAN ini bertipe ST – 100 W berspesifikasi :

- $P_{\max} = 100 \text{ W} \pm 5\%$
- $V_{(PM)} = 19,01 \text{ V} \pm 5\%$
- $I_{(PM)} = 5,26 \text{ A} \pm 5\%$

LAN ini ada 3 buah unit solar sel yang terdiri dari. Setiap unit solar sel terdiri dari 4 buah modul solar sel yang dihubungkan secara seri sehingga tegangan total nya  $19,01 \times 4 = 76,04 \text{ V}$ . Tetapi yang digunakan hanya dua unit saja karena yang unit satu *solar charger controlernya* rusak

Sistem nya sama seperti wind turbin, PLTS ini mempunyai solar charger controler. Ketika siang hari matahari menyinari maka solar sel PLTS ini akan menghasilkan tegangan DC 19,1 V pada tegangan puncak. Namun karena pada PLTS ini setiap modul PLTS mempunyai 4 buah solar sel yang dihubungkan seri sehingga teganganya menjadi 4 kali lipatnya yaitu 76,04 Vdc. Setelah dari solar sel masuk dahulu ke data logger untuk direkam datanya, baru setelah itu masuk ke *solar charger controller (SSC)*.



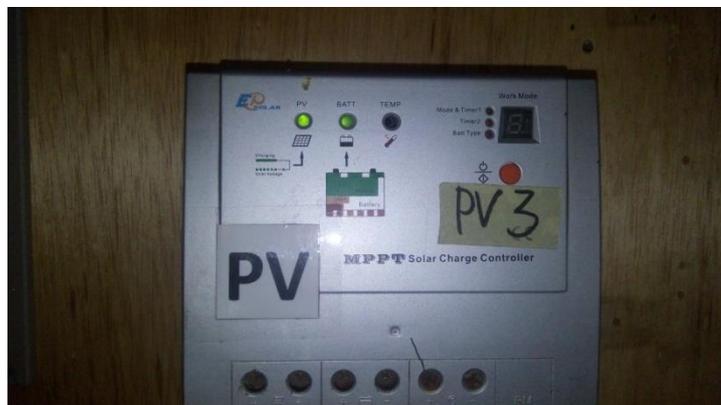
Gambar 3.12 Solar Charger Controller (foto Pribadi)

SSC ini berfungsi memutuskan arus dari solar sel apabila kelebihan tegangan dan mengatur tegangan keluar supaya tetap 24 Vdc. Setelah dari SSC ini listrik dialirkan ke busbar DC besatu dengan *wind turbin*. Ada yang dialirkan ke baterai dan ke inverter untuk bisa digunakan.

Ketika malam hari solar sel tidak menghasilkan energi listrik. Hal ini digantikan peranya oleh baterai untuk menyuplai energi listrik beserta dengan wind turbin jika ada angin berhembus.

Data spesifikasi dari SSC ini LAN menggunakan merk Epsolar tipe Tracer-1210RN MPPT dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Max PV input = 24V : 1000W
- Max output = 12/24 Volt (automatic)
- Max I load = 40,2 A

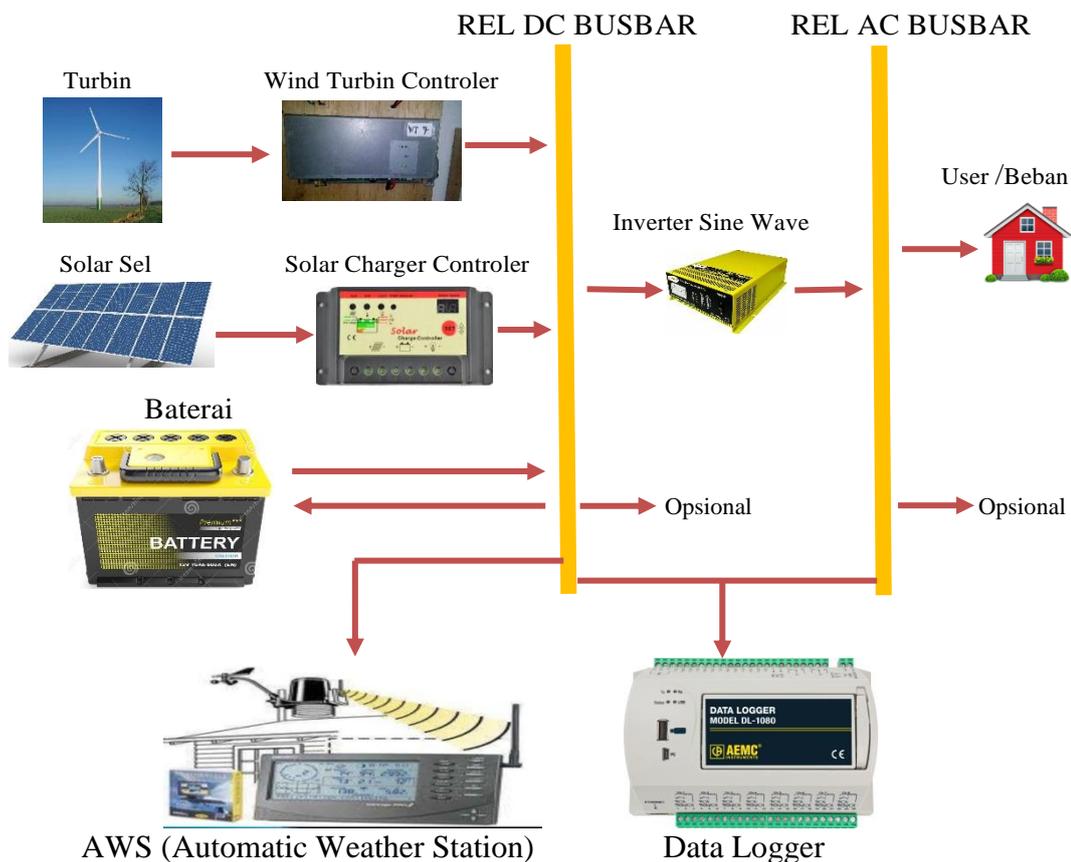


Gambar 3.13 Solar Charger Controller (foto Pribadi)

Solar charger ini memiliki 3 buah terminal yaitu terminal input dari solar sel (PV), terminal output ke beban/baterai, dan terakhir adalah terminal indikator lampu 12 Vdc.

### 3.6 Sistem Pembangkit *Hybrid* antara PLT Angin/Bayu dan PLT Surya di LAN

Pembangkit listrik tenaga *hybrid* (PLTH) adalah gabungan atau integrasi antara beberapa jenis pembangkit listrik berbasis energi terbarukan umumnya sistem pembangkit yang banyak digunakan untuk PLTH, pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), mikrohidro, pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB). Dalam studi ini, PLTH terdiri dari PLTB dan PLTS. Kedua jenis pembangkit ini dioperasikan bersamaan dan dihubungkan pada satu rel (busbar) untuk memikul beban dengan bantuan baterai.



Gambar 3.14 Skema Pembangkit Tenaga Listrik *Hybrid* (LAN, 2012)





