

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya**

Pembangkit listrik tenaga surya atau PLTS adalah pembangkit listrik yang mengubah energi surya menjadi energi listrik. Pembangkitan listrik bisa dilakukan dengan dua cara, yaitu secara langsung menggunakan fotovoltaik dan secara tidak langsung dengan pemusatan energi surya. Fotovoltaik mengubah secara langsung energi cahaya menjadi listrik menggunakan efek fotoelektrik. Pemusatan energi surya menggunakan sistem lensa atau cermin dikombinasikan dengan sistem pelacak untuk memfokuskan energi matahari ke satu titik untuk menggerakkan mesin kalor.

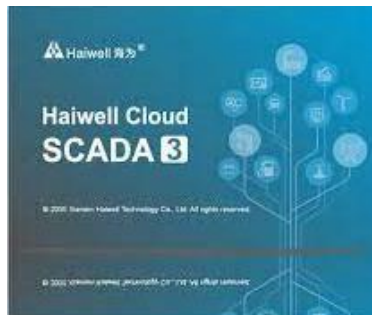
Sel surya atau sel fotovoltaik adalah alat yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik menggunakan efek fotoelektrik. Dibuat pertama kali pada tahun 1880 oleh Charles Fritts.

Pembangkit listrik tenaga surya tipe fotovoltaik adalah pembangkit listrik yang menggunakan perbedaan tegangan akibat efek fotoelektrik untuk menghasilkan listrik. Solar panel terdiri dari 3 lapisan, lapisan panel P di bagian atas, lapisan pembatas di tengah, dan lapisan panel N di bagian bawah. Efek fotoelektrik adalah di mana sinar matahari menyebabkan elektron di lapisan panel P terlepas, sehingga hal ini menyebabkan proton mengalir ke lapisan panel N di bagian bawah dan perpindahan arus proton ini adalah arus listrik.[4]

PLTS *Off-Grid* memiliki komponen utama yang terdiri dari panel surya, *inverter*, *solar charge controller*, dan baterai. Sistem PLTS berdasarkan lokasi pemasangannya dibagi menjadi 2 jenis yaitu sistem pola terpusat (*centralized PV plant*) dan sistem pola tersebar (*distributed PV plant*). Sedangkan berdasarkan konfigurasinya, PLTS dibagi menjadi 2 jenis yaitu sistem tidak terhubung jaringan (*Off-Grid PV plant*) atau disebut juga dengan *stand-alone PV plant* dan sistem PLTS terhubung jaringan (*grid-connected* atau *on-grid PV plant*). Apabila dalam pengaplikasiannya PLTS digabung dengan jenis pembangkit listrik lain maka disebut dengan sistem *hybrid*. [5]

## 2.2. Aplikasi Scada

Sistem Pengawasan Kontrol dan Akuisisi data (*SCADA*) telah diisi untuk proses pemantauan dan kontrol di berbagai pabrik industri dalam beberapa tahun terakhir karena ketahanannya yang tinggi. Jaringan listrik adalah contoh dari sistem yang memanfaatkan integrasi *SCADA*. Perkembangan umum lainnya dalam sistem tenaga dalam beberapa tahun terakhir didedikasikan untuk integrasi sistem *Photovoltaic (PV)* di jaringan yang ada. Kontrol dan pemantauan sistem *PV* menjadi penting karena dampaknya terhadap aliran daya. Bagian inti dari sistem *PV grid-tied* adalah *inverter DC/AC*. Banyak penelitian telah dilakukan pada pengendalian *inverter* untuk memenuhi kebutuhan *grid*[6]. Secara khusus, sistem *SCADA* digunakan dalam aset infrastruktur penting seperti bahan kimia, pembangkit listrik, pembangkit tenaga listrik, sistem transmisi dan distribusi, jaringan distribusi air dan air limbah fasilitas pengobatan. Sistem *SCADA* memiliki signifikansi strategis karena potensi konsekuensi serius dari suatu kesalahan atau malfungsi.[7]



Gambar 2. 1 Platform Tampilan *Scada Haiwell*

*Haiwell SCADA* adalah kerangka kerja .NET berbasis perangkat lunak yang dikembangkan oleh Xiamen Haiwell Technology Co., Ltd. Mengembangkan platform pemantauan, pengendalian dan manajemen untuk otomatisasi industri. Adapun fitur umum dan fitur perangkat lunak *Haiwell SCADA* tercantum dibawah ini :

- a. **Alat tautan data terintegrasi**  
Alat penghubung data Haiwell dapat menyimpan data real-time dan historis dalam database seperti MySQL dan SQL Server dan mengirim data.
- b. **Dukungan protokol MQTT dan *built-in* MQTT server.**  
Mendukung protokol MQTT, mendukung akses *server database*, data dan pelaporan yang mudah, dan terhubung ke ERP / MES. *Server MQTT built-in* memungkinkan *proxy* dan membuatnya mudah untuk mengimplementasikan jaringan MQTT.
- c. **Cloud transparan fungsi transmisi.**  
Pemrograman jarak jauh program PLC, mengunggah dan mengunduh, peningkatan firmware, diagnostik, pemantauan, dan *debugging*. Mendeteksi kondisi abnormal di lapangan kapan saja, di mana saja.
- d. **Dukungan untuk konfigurasi sekunder.**  
Dengan fleksibilitas untuk menangkap data variabel dan mengelolanya secara terpusat di luar lokasi, teknisi dapat dengan mudah mengontrol pusat dari jarak jauh.
- e. **Kontrol akses jarak jauh.**  
Ini dapat dipantau dari *browser* di jaringan komputer mana pun. Layar ponsel ini sama dengan layar PC, jadi tidak perlu mengulang pengaturan.
- f. **Haiwell pusat data cloud.**  
Pengguna tidak perlu membuat server MQTT, mereka hanya mengontrol perangkat terpusat dari jarak jauh melalui cloud pusat data Haiwell.
- g. **Bahasa perintah yang dapat diprogram.**  
Mendukung bahasa pemrograman JavaScript yang lebih kuat daripada SCADA tradisional dan memanfaatkan sepenuhnya semua konfigurasi sumber daya.
- h. **Pemberitahuan alarm.**  
Informasi alarm dari lokasi industri dikomunikasikan secara tepat waktu kepada pengguna yang relevan melalui bentuk layar, suara komputer, SMS, *WeChat*, dan *email*.
- i. **Mendukung beberapa protokol pihak ketiga.**

Ini menggabungkan berbagai *driver* perangkat industri untuk mendukung PLC arus utama dan alat inverter terbaru.

**j. Fungsi tampilan**

Dapat langsung mengamati keadaan industri dan melakukan pemantauan waktu nyata melalui berbagai primitif dan bitmap dalam gambar.

**k. Konektivitas yang kuat.**

Dengan membeli Pembangkit Sinyal Industri, dapat berkomunikasi dengan semua jenis alat industri dan pemantauan industri.

**l. Modul tujuan umum yang melimpah.**

Peringatan situs industri dapat dikirim ke pemangku kepentingan melalui foto, suara komputer, *WeChat*, SMS, email, dan lainnya. Rekayasa jaringan membantu berbagai proyek menjadi klien atau server bersama dengan berbagi data dan menyediakan kontrol terdistribusi.

**m. Basis data yang kuat.**

Rekam dan simpan data Lakukan analisis data *real-time* dan data historis untuk memecahkan masalah produksi, meningkatkan efisiensi produksi, dan meningkatkan kualitas produk.

**n. Bahasa perintah yang dapat diprogram.**

Mengekspos fungsionalitas bahasa pemrograman *JavaScript* kepada pengguna.

**o. Sistem keamanan.**

Ini dapat digunakan untuk mengatur tingkat keamanan kontrol proyek (seperti tingkat keamanan tingkat pengguna).

**p. Fungsi simulasi.**

Dapat menjalankan proyek dalam simulasi sehingga tidak terpengaruh atau terhubung oleh perangkat yang sebenarnya. Selain itu, dapat diuji dalam perangkat lunak untuk memperpendek siklus pengembangan.

### **2.3. Modbus**

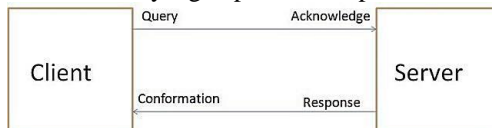
Protokol Modbus dikembangkan Modicon pada tahun 1979[8]. Modbus adalah protokol komunikasi mendasar sebagian besar diterapkan di industri. Ini universal, terbuka, dan mudah digunakan protokol. Produk industri baru seperti PLC, PAC, I/O perangkat dan instrumen mungkin memiliki Ethernet, serial atau bahkan mungkin antarmuka nirkabel. Keuntungan utama dari protokol Modbus adalah bahwa itu berjalan di semua jenis media komunikasi termasuk kabel *twisted pair*, nirkabel, serat optik, *ethernet* dll. Perangkat Modbus memiliki memori, di mana

pabrik data disimpan. Memori ini dibagi menjadi empat bagian sebagai input diskrit, koil diskrit, register input dan *holding register*[8].

Protokol Modbus menyediakan standar internal yang digunakan pengontrol Modicon untuk mengurai pesan. Selama komunikasi melalui jaringan Modbus, protokol menentukan bagaimana setiap pengontrol mengenali alamat perangkat, mengenali pesan yang ditujukan kepadanya, menentukan jenis tindakan yang harus diambil, dan data yang terkandung dalam pesan atau Mengekstrak informasi lainnya. Ketika respons diperlukan, pengontrol menghasilkan pesan respons dan mengirimkannya melalui protokol Modbus[9]. Protokol komunikasi yang umum digunakan adalah Modbus RTU, Modbus ASCII, dan Modbus TCP.

Protokol Modbus/TCP umumnya digunakan dalam sistem SCADA untuk komunikasi antara antarmuka manusia-mesin (HMI) dan pengontrol logika yang dapat diprogram (PLC)[10]. Modbus TCP/IP telah menjadi protokol komunikasi industri standar dan digunakan secara luas untuk membangun *platform sensor-cloud* di Internet. Namun, banyak sistem akuisisi data yang ada yang dibangun di atas mikrokontroler chip tunggal tradisional tanpa sumber daya yang memadai tidak dapat mendukungnya, karena protokol Modbus TCP/IP yang lengkap selalu bekerja bergantung pada sistem operasi penuh yang menempati sumber daya perangkat keras yang melimpah. Oleh karena itu, protokol Modbus TCP/IP yang ringkas diusulkan dalam pekerjaan ini untuk membuatnya berjalan secara efisien dan stabil bahkan pada platform perangkat keras dengan sumber daya terbatas[11].

Siklus pesan Modbus TCP terdiri dari empat langkah yang ditunjukkan pada gambar 2.1. Pada langkah pertama client mengirimkan *query* (permintaan koneksi) ke *server*, pada langkah kedua *query* ini diakui atau diterima oleh server, pada langkah ketiga *server* mengirimkan respon untuk kode fungsi dan pada langkah keempat *client* memberikan sinyal konformasi ke *server* yang dapat akan terputus koneksi TCP[7].



Gambar 2. 2 Siklus Pesan di Modbus TCP

## 2.4. Serial RS-485

RS485 adalah teknik komunikasi data serial yang dapat berkomunikasi antara satu unit dengan unit lainnya pada jarak yang cukup jauh yaitu 1,2 Km. Komunikasi RS485 selain dapat digunakan untuk komunikasi multidrop yaitu berhubungan secara *one to many* dengan jarak yang jauh teknik ini juga dapat digunakan untuk menghubungkan 32 unit beban sekaligus dengan menggunakan 2 (dua) buah kabel tanpa memerlukan referensi *ground* yang sama antara unit yang satu dengan unit lainnya[12].

Beban yang terhubung ke jaringan bisa berupa komputer, mikrokontroler dan peralatan- peralatan lainnya yang bisa dikoneksikan dengan menggunakan standart RS485. RS485 adalah mode transmisi *balanced differential*. Bus ini hanya mempunyai dua sinyal, A dan B dengan perbedaan tegangan antara keduanya. Karena line A sebagai referensi terhadap B maka sinyal akan *high* bila mendapat *input low* demikian pula sebaliknya. Pada komunikasi RS485, semua peralatan elektronik berada pada posisi penerima hingga salah satu memerlukan untuk mengirimkan data, maka peralatan tersebut akan berpindah ke mode pengirim, mengirimkan data dan kembali ke mode penerima. Setiap kali peralatan elektronik tersebut hendak mengirimkan data, maka terlebih dahulu harus diperiksa, apakah jalur yang akan digunakan sebagai media pengiriman data tersebut tidak sibuk. Apabila jalur masih sibuk, maka peralatan tersebut harus menunggu hingga jalur sepi. Agar data yang dikirimkan hanya sampai ke peralatan elektronik yang dituju, misalkan ke salah satu *Slave*, maka terlebih dahulu pengiriman tersebut diawali dengan *Slave ID* dan dilanjutkan dengan data yang dikirimkan. Peralatan elektronik yang lain akan menerima data tersebut, namun bila data yang diterima tidak mempunyai ID yang sama dengan *Slave ID* yang dikirimkan, maka peralatan tersebut harus menolak atau mengabaikan data tersebut. Namun bila *Slave ID* yang dikirimkan sesuai dengan ID dari peralatan elektronik yang menerima, maka data selanjutnya akan diambil untuk diproses lebih lanjut.

## 2.5. Panel Surya

Panel surya merupakan sel surya yang disusun dan dihubungkan bersama. Sel surya biasanya hanya akan menghasilkan setengah *volt*, maka menghubungkan beberapa sel surya secara seri dalam panel akan menghasilkan tegangan yang lebih banyak dan berguna. Sebagian besar

panel surya memiliki tegangan 12 volt, meski panel surya yang memiliki tegangan lebih besar juga tersedia.[13]



Gambar 2. 3 Panel Surya

Panel surya dapat dihubungkan bersama untuk membuat *solar array*. Menghubungkan beberapa panel secara bersamaan dapat menghasilkan arus atau tegangan yang lebih besar.

- a. Menghubungkan panel surya secara seri memungkinkan *solar array* menghasilkan tegangan yang lebih besar. Biasanya, 24 volt atau 48 volt dalam *stand-alone system*, atau hingga beberapa ratus volt dalam *grid-tie system*.
- b. Menghubungkan panel surya secara paralel memungkinkan *solar array* menghasilkan lebih banyak daya dengan mempertahankan tegangan yang sama di masing-masing panel surya.

Namun saat kita hubungkan beberapa panel surya bersama-sama, kekuatan sistem secara keseluruhan meningkat, terlepas dari panel surya tersebut dihubungkan secara seri maupun paralel[14].

Jenis-jenis sel surya ini digolongkan dengan berdasarkan teknologi pembuatannya. Secara garis besar sel surya ini dibagi dalam tiga jenis, yaitu:

### **2.5.1. Monocrystalline**

Merupakan panel surya yang paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terkini dan juga menghasilkan daya listrik tinggi. Sel surya mono- crystalline ini dibuat menggunakan crystall silicon murni yang sudah melalui sebuah proses Czochralski yang hasilnya ialah Ingot.

Ingot ini kemudian diiris tipis – tipis. Sehingga akan berbentuk bundar atau lingkaran, bentuk tersebut ialah hasil dari adanya proses Czochralski.

### 2.5.2. Polycrystalline

Sedangkan *Polycrystalline silicon*, tersebut ialah suatu panel surya yang mempunyai/memiliki susunan kristal acak. Jenis/macam ini terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur atau dicairkan setelah itu dituangkan kembali dalam cetakan yang berbentuk persegi. *Polycrystalline silicon* ini diperkenalkan ke pasaran ditahun 1981. *Polycrystalline* ini tidak memerlukan proses Czochralski.

Proses Czochralski ini merupakan suatu proses pemurnian suatu bahan dengan cara pengkristalan, bahan yang akan di kristalkan itu dimasukan ke dalam tempat yang sulit bereaksi dengan zat lain misalnya seperti quartz dan gas mulia argon.

### 2.5.3. Thin Film Solar Cell (TFSC)

*Thin Film Solar Cell* ini merupakan panel surya yang terdiri dari dua (2) lapisan yang dibuat dengan menambahkan satu atau lebih lapisan tipis, atau *Thin Film* bahan *photovoltaic* ke dalam substrate seperti kaca, plastik atau metal.[13]

Pada PLTS *Off-Grid* 4 kWp di Kampus-II ITN Malang memiliki 40 modul *photovoltaic* yang dihubungkan secara seri atau string. PLTS *Off-Grid* mempunyai 4 *string* dengan masing-masing *string* 10 modul dengan kapasitas 100 Wp dengan jenis *Polycrystalline-Silicon*. Untuk 1 *string* untuk menghasilkan 1000 Wp, jika ada 4 *string* menghasilkan 4000 Wp atau 4 kWp.

Dengan penyambungan string mendapatkan rumus :

$$P_{modul 1} + P_{modul 2} + P_{modul n} = P_{string}$$

### 2.6. Pilot SPM91 Single Phase Energy Meter

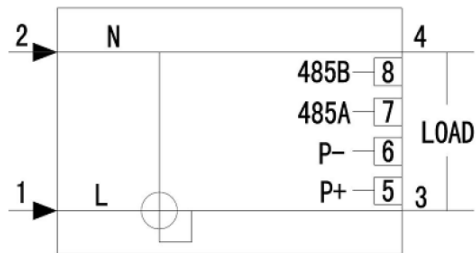
SPM91 adalah alat ukur berbasis protokol Modbus-RTU dan serial komunikasi RS-485 sebagai alat ukur ini mencakup pengukuran besaran kelistrikan AC yaitu tegangan, arus, daya, dan pemakaian energi (kWh).



Dan alat memiliki LCD untuk menampilkan data keluaran pengukuran pada alat ukur.



Gambar 2. 4 Pilot SPM91 Single Phase Energy Meter



Gambar 2. 5 Wiring SPM91

Pada gambar 2.5 diatas penyambungan kabel atau wiring ketika instalasi alat ukur pada sebuah rangkaian elektronik ditunjukkan pada tabel 2.1 dibawah :

Port SPM91	
1 →	Input (L)
2 →	Input (N)
3 →	Load (L)
4 →	Load (N)
5 →	Power Supply (+)
6 →	Power Supply (-)
7 →	485 A+
8 →	485 B-

Tabel 2. 1 Port SPM91

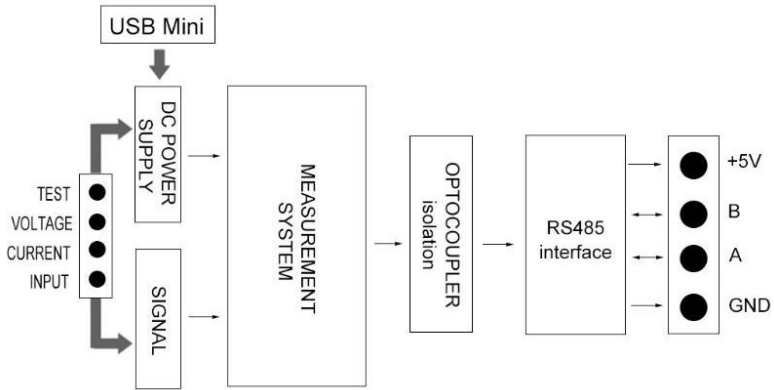
## 2.7. PZEM-017 DC Power Meter

PZEM-017 adalah modul sensor dilengkapi dengan protokol komunikasi Modbus digunakan untuk mengukur keluaran DC seperti tegangan, arus, daya aktif, dan energi (KWh) yang dapat dihubungkan melalui kabel atau *platform opensource* lainnya. Modul PZEM017 dibundel dengan *shunt resistor* berfungsi membuat jalur resistansi atau hambatan lebih rendah pada suatu aliran arus tinggi pada sirikuit elektronika, penggunaan shunt resistor ada beberapa jenis antaranya 50A, 100A,, 200A, 300A dan pada penelitian ini menggunakan shunt resistor 100A. Selain itu modul PZEM-17 tidak dilengkapi dengan fungsi tampilan pada alat tersebut.

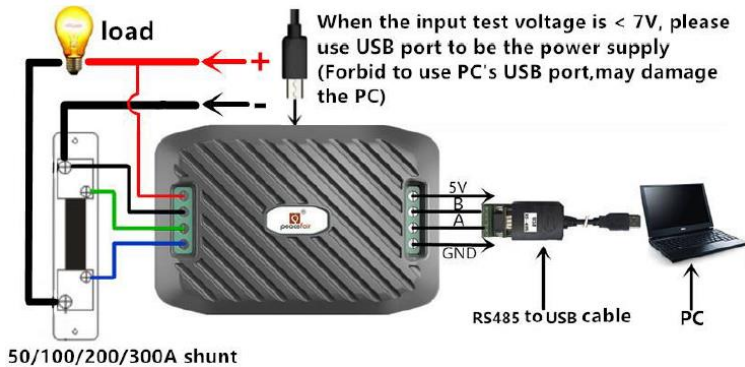


Gambar 2. 6 PZEM-017 (kiri) dan *Shunt Resistor* 100A (kanan)

Data dari alat ini dibaca melalui antarmuka Serial RS-485 adalah keluaran pasif, perlu terhubung eksternal catu daya 5V dan catu daya eksternal 100mA, yang berarti ketika berkomunikasi keempat port dari modul ini harus terhubung (5V, RX, TX, GND) jika tidak, maka modul ini tidak dapat berkomunikasi.



Gambar 2. 7 Blok Diagram Fungsional PZEM-017



Gambar 2. 8 Wiring PZEM-17 dengan Shunt Resistor

## 2.8. USR-DR302

Alat yang digunakan untuk transmisi data transparan antara antarmuka Ethernet dan Port Serial RS-485 untuk menghubungkan port serial ke dalam sebuah jaringan komputer. Alat ini menyiapkan titik akses Ethernet berupa *setting* IP Address yang dapat disambungkan dan dikonfigurasi melalui halaman web USR-DR302 dan menyimpan *settingan* parameter untuk selamanya. USR-DR302 mudah digunakan karena pengambilan data ke PC dilakukan menggunakan kabel LAN.



Gambar 2. 9 USR-DR302

## 2.9. Hybrid Solar Inverter

Inverter merupakan “jantung” dalam sebuah sistem PLTS[15]. Inverter berfungsi mengubah arus searah (DC) yang dihasilkan oleh panel surya menjadi arus bolak balik (AC). Tegangan DC dari panel surya cenderung tidak konstan sesuai dengan tingkat radiasi matahari. Tegangan masukan DC yang tidak konstan inilah yang akan diubah oleh inverter menjadi tegangan AC yang konstan yang siap digunakan atau disambungkan pada sistem yang ada, misalnya jaringan PLN[16].

Tegangan output inverter merupakan tegangan AC yang tetap atau berubah pada frekuensi yang tetap atau berubah. Tegangan output yang berubah dapat diperoleh dengan merubah tegangan input DC dan mempertahankan gain inverter tetap konstan. Jika tegangan input tetap konstan, tegangan output yang berubah diperoleh dengan merubah gain inverter yaitu dengan pengontrolan PWM (*Pulse Width Modulation*). *Gain inverter* didefinisikan sebagai rasio tegangan output ac terhadap tegangan input dc. Sedangkan frekuensi output dapat diubah dengan mengubah frekuensi sinyal referensi[17].

Setiap switch (S) dapat diswitching dengan sinyal segi empat, namun bentuk gelombang tegangan output inverter mengandung harmonisa dengan THD (Total Harmonic Distortion) tertentu. Dengan tersedianya komponen power semikonduktor berkecepatan tinggi/frekuensi tinggi, THD dapat diperkecil dengan berbagai macam metode switching seperti PWM sinusoidal. Inverter tersedia dalam berbagai ukuran kapasitas untuk berbagai ukuran sesuai dengan total beban[17].



Gambar 2. 10 Hybrid Solar Inverter

Inverter ini dilengkapi dengan modul *WiFi Plug Pro* digunakan untuk mengambil data dari Panel Surya data tersebut direkam ke Data Logger. Data dari Inverter ini dilengkapi dengan port eksternal LAN to DB9 dan USB *type-B* to DB9 untuk mengeksport data ke PC/Laptop menggunakan media kabel dengan protokol komunikasi Modbus RS-232. Selain itu Hybrid Solar Inverter memiliki *LCD Display* untuk melihat *input* maupun *output* yang dikeluarkan dari panel surya berupa :

- DC Input : Tegangan, Arus, dan Daya
- DC Output : Tegangan, Frekuensi, Beban (%), VA, dan Daya(W)
- Battery : Arus, Daya(W), Tegangan
- Input AC : Tegangan dan Frekuensi

Untuk mengetahui keluaran daya DC dari PLTS menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = V \times I$$

Jika besar  $V = I \times R$ , maka

$$P = (I \times R) \times I = I^2 \times R$$

Keterangan :

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Untuk menghitung keluaran daya AC 1 fasa menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = V \times I \times \cos \varphi \dots \text{(Persamaan 1)}$$

Apabila besarnya :  $V = I \times R$

Jika dimasukkan ke persamaan 1 sebagai berikut :

$$P = V \times I \times \cos \varphi = (I \times R) \times I \times \cos \varphi = I^2 \times R \times \cos \varphi$$

Sehingga menghasilkan rumus :

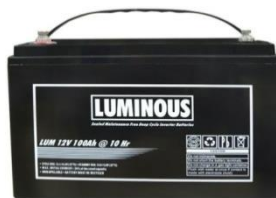
$$P = I^2 \times R \times \cos \varphi \dots \text{(Persamaan 2)}$$

## 2.10. Baterai

Akumulator atau aki (bahasa Inggris: accumulator atau accu) adalah sebuah alat yang dapat menyimpan energi (umumnya energi listrik dalam bentuk energi kimia).

Pada umumnya di Indonesia, kata akumulator (sebagai aki atau accu) hanya dimengerti sebagai "baterai" mobil. Sedangkan di bahasa Inggris, kata akumulator dapat mengacu kepada baterai, kapasitor, kompulsator, dll.

Aki listrik (juga dikenal sebagai "sel sekunder") menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia. Di akumulator timbal setiap satu sel memiliki tegangan sebesar 2 volt, sehingga aki 12 volt memiliki 6 sel, sedangkan aki 24 volt memiliki 12 sel. Di aki NiCd setiap satu sel memiliki tegangan sebesar 1.2 volt saja.



Gambar 2. 11 Baterai

## 2.11. Surge Arrester

*Arrester* atau biasa juga lightning arrester adalah suatu alat pelindung bagi peralatan sistem tenaga listrik terhadap surja petir (*surge*). Alat ini berfungsi melindungi peralatan sistem tenaga listrik dengan cara

membatasi surja tegangan lebih yang datang dan langsung mengalirkannya ke tanah.

Fungsi lain arrester harus dapat menahan tegangan sistem pada frekuensi 50 Hz untuk waktu yang terbatas dan harus dapat melewatkan surja arus ke tanah tanpa mengalami kerusakan pada arrester itu sendiri.

Arrester berlaku sebagai jalan pintas di sekitar isolasi. Arrester membentuk jalan yang mudah untuk dilalui oleh arus kilat atau petir, sehingga tidak timbul tegangan lebih yang nilainya tinggi pada peralatan.[18]



Gambar 2. 12 Surge Arrester

Arrester terdiri dari dua jenis yaitu jenis ekspulsi (expulsion type) atau tabung pelindung (protector tube) dan jenis katup (valve type). Arrester Ekspulsi mempunyai karakteristik dapat memutuskan arus susulan dan volt-waktu yang lebih baik dari sela batang, namun tegangan percik impulsnya lebih tinggi dari arester katup. Kemampuan untuk memutuskan arus susulan pada jenis ini tergantung dari tingkat arus hubung singkat dari sistem pada titik dimana arester itu dipasang. Arrester Katup digunakan untuk melindungi mesin-mesin berputar. Arrester jenis ini terdiri dari sela percik seri yang terhubung dengan elemen tahanan yang mempunyai karakteristik non linier dan mempunyai tiga jenis arrester katup yaitu arrester katup jenis gardu, arrester katup jenis saluran, dan arrester katup untuk mesin-mesin[19].

## 2.12. MCB

MCB atau Miniatur Circuit Breaker merupakan komponen kelistrikan yang bertugas untuk membatasi arus serta sebagai pengaman pada suatu instalasi listrik. MCB berfungsi sebagai saklar utama, pemutus

arus, memproteksi adanya hubung singkat (*short circuit*) dan proteksi terhadap beban berlebih (*overload*).



Gambar 2. 13 MCB

Ada dua jenis prinsip kerja MCB yaitu *Thermal Tripping* (Pemutusan hubungan arus listrik dengan Suhu Tinggi) bekerja ketika terjadi *overload* atau beban berlebih dan *Magnetic Tripping* (Pemutusan hubungan arus listrik secara Magnetik) bekerja ketika hubung singkat atau konsleting listrik.[20]

### 2.13. Router TP-Link TL-WR844N



Gambar 2. 14 Router TP-Link TL-WR844N

Perangkat keras yang digunakan dalam area local nirkabel untuk mengirim dan menerima data RS-485 pada alat ukur PZEM-17 dan SPM91. Jalur akses menghubungkan pengguna ke pengguna lain di jaringan dan bertindak sebagai titik akses antara USR-302 dengan perangkat computer. Alat ini menyediakan akses terpisah dan mengamankan jaringan jaringan host.



## 2.14. Power Supply atau Catu Daya

Konverter AC-DC atau penyearah adalah perangkat yang digunakan untuk mengubah arus bolak-balik menjadi arus searah. Industri telah menerapkan penggunaan penyearah rectifier sebagai Uninterruptible Power Supply (UPS), pengaturan tegangan konstan, penggerak kecepatan motor, dan peningkatan faktor daya. Power Supply alat yang digunakan untuk mensuplai perangkat atau beban. Alat ini memiliki banyak fungsi, antara lain :

- a. Dapat menaikkan atau menurunkan tegangan, dengan trafo kita bisa mengubah tegangan menjadi AC/DC sesuai kebutuhan.
- b. Menyediakan beberapa metode pembagian tegangan untuk memenuhi kebutuhan peralatan listrik.
- c. Mengubah tegangan AC ke tegangan DC dengan penyearah setengah gelombang atau gelombang penuh.
- d. Menfilter atau menyaring tegangan DC non stabil ke tegangan DC yang lebih stabil.



Gambar 2. 15 Power Supply atau Catu Daya