

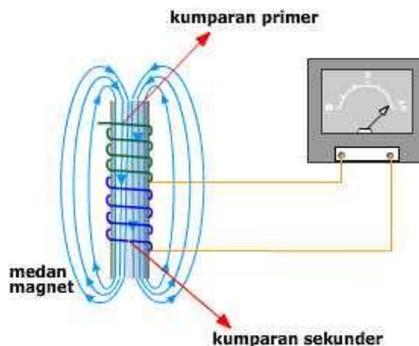
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Transformator

Transformator merupakan suatu alat listrik yang mengubah tegangan arus bolak-balik dari satu tingkat ke tingkat yang lain melalui suatu gandingan magnet dan berdasarkan prinsip-prinsip induksielektromagnet. Transformator terdiri atas sebuah inti, yang terbuat dari besi berlapis dan dua buah kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder.

Prinsip kerja dari sebuah transformator adalah sebagai berikut. Ketika Kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, perubahan arus listrik pada kumparan primer menimbulkan medan magnet yang berubah. Medan magnet yang berubah diperkuat oleh adanya inti besi dan dihantarkan inti besi ke kumparan sekunder, sehingga pada ujung-ujung kumparan sekunder akan timbul ggl induksi. Efek ini dinamakan induktansi timbal-balik (mutual inductance).



Gambar 2. 1 Skema transfarmator kumparan primer dan kumparan sekunder

[2]. dari Transformator apabila ada arus listrik bolak-balik yang mengalir mengelilingi suatu inti besi maka inti besi itu akan berubah menjadi magnet dan apabila magnet tersebut dikelilingi oleh suatu belitan maka pada kedua ujung belitan tersebut akan terjadi beda tegangan mengelilingi magnet, sehingga akan timbul gaya gerak listrik (GGL). Dengan adanya gaya gerak listrik yang mengalir ke inti besi secara terus menerus maka lempengan – lempengan besi yang terisolasi tersebut dapat menimbulkan panas yang ditimbulkan oleh arus eddy (eddy current). Transformator terdiri atas sebuah inti besi yang diberi lilitan primer dan sekunder. Alat ini bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik.

Apabila terjadi perubahan fluks magnet pada kumparan primer, maka akan diteruskan ke kumparan sekunder dan menghasilkan gaya gerak listrik induksi dan arus induksi. Agar selalu terjadi perubahan fluks magnet, maka arus yang masuk (input) harus arus bolak-balok ac.

Karena tidak ada trafo yang sempurna, energi harus hilang di lalu lintas. Hal ini disebabkan oleh pemanasan arus torsi, pemanasan joule, dan kebocoran aliran magnet. Oleh karena itu, trafo dibuat dengan inti besi berlapis dan diikatkan pada bahan isolasi untuk mengurangi jumlah energi yang terbuang. Mengurangi arus putaran adalah tujuannya (arus Eddy). [3].

2.2 Perhitungan Arus Beban Penuh Trafo

Daya transformator bila ditinjau dari sisi tegangan tinggi (primer) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$(VA) \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

S = Daya transformator (kVA)

V = Tegangan sisi primer transformator (kV)

I = Arus jala-jala (A)

Sehingga untuk menghitung arus beban penuh (full load), dapat menggunakan rumus : 2

(Ampere) (2)

Dimana :

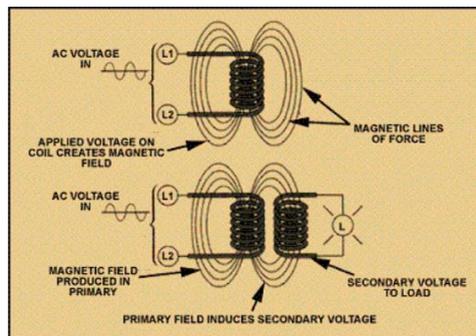
I_{FL} = Arus beban penuh (A)

S = Daya transformator (kVA)

V = Tegangan sisi sekunder transformator (kV)

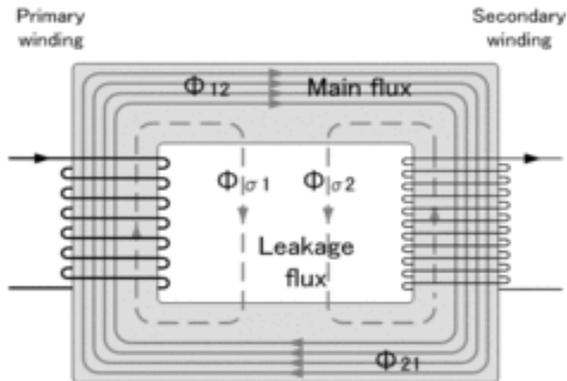
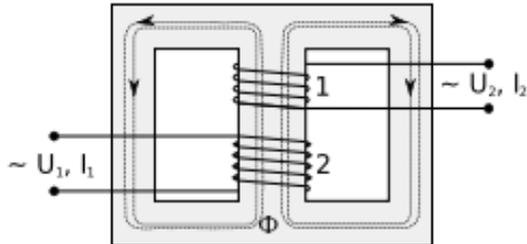
2.3 Prinsip Elektromagnetik

Transformator bekerja berdasarkan prinsip **induksi elektromagnetik**. Tegangan masukan bolak-balik yang membentangi primer menimbulkan **fluks magnet** yang idealnya semua bersambung dengan lilitan sekunder. **Fluks** bolak-balik ini menginduksikan **GGL** dalam lilitan sekunder. Jika efisiensi sempurna, semua daya pada lilitan primer akan dilimpahkan ke lilitan sekunder.[4]



Gambar 2. 2 Prinsip hukum elektromagnetik

2.4. Hubungan Primer-Sekunder



Fluks Transformator Rumus untuk fluks magnet yang ditimbulkan lilitan primer adalah $\delta\phi = \epsilon \times \delta t$ dan rumus untuk

$$\epsilon = N \frac{\delta\phi}{\delta t}$$

GGL induksi yang terjadi di lilitan sekunder adalah Karena kedua kumparan dihubungkan dengan fluks yang sama, maka

$$\frac{\delta\phi}{\delta t} = \frac{V_p}{N_p} = \frac{V_s}{N_s}$$

dimana dengan menyusun ulang persamaan

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

akan didapat $\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$ sedemikian hingga $V_p I_p = V_s I_s$.

Dengan kata lain, hubungan antara tegangan primer dengan tegangan

sekunder ditentukan oleh perbandingan jumlah lilitan primer dengan lilitan sekunder.

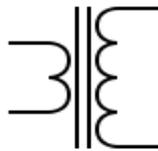
- Efisiensi

Efisiensi transformator dapat diketahui dengan rumus

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} 100\%$$

Karena adanya kerugian pada transformator. Maka efisiensi transformator tidak dapat mencapai 100%. Untuk transformator daya frekuensi rendah, efisiensi bisa mencapai 98%.

2.5. Jenis-Jenis Transformator



transformator step-up.

- Trafo yang berfungsi sebagai pemecah tegangan merupakan trafo step-up karena jumlah serpihan sekundernya lebih banyak dibandingkan dengan serpihan primer. Trafo ini sering terlihat di pembangkit listrik karena mengubah tegangan tinggi yang diperlukan untuk transmisi jarak jauh dari suspensi tegangan yang dihasilkan oleh generator.



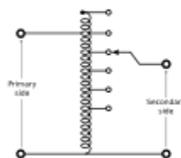
transformator step-Down.

- Gambar diatas adalah skema transformator step-Down. Transformator step-down memiliki lilitan sekunder lebih sedikit daripada lilitan primer, sehingga berfungsi sebagai penurun tegangan. Transformator jenis ini sangat mudah ditemui, terutama dalam **adaptor AC-DC**



skema autotransformator

- Gambar diatas adalah skema autotransformator. Transformator jenis ini hanya terdiri dari satu lilitan yang berlanjut secara listrik, dengan sadapan tengah. Dalam transformator ini, sebagian lilitan primer juga merupakan lilitan sekunder. Lilitan sekunder dapat dibuat dengan kawat yang lebih tipis dari trafo tradisional dengan laju daya yang sama karena fase arus lilitan sekunder selalu berlawanan dengan arus primer. Autotransformator mempunyai keuntungan karena ukurannya lebih kecil dan rugi-ruginya lebih kecil dibandingkan tipe dua kawat. Namun, kabel primer dan sekunder tidak dapat diisolasi secara elektrik oleh trafo jenis ini. Selain itu, autotransformator hanya dapat digunakan beberapa kali sebagai suspensi tegangan. (biasanya tidak lebih dari 1,5 kali).



autotransformator variabel

- Gambar diatas adalah skema autotransformator variabel. Autotransformator variabel sebenarnya adalah autotransformator biasa yang sadapan tengahnya bisa diubah-ubah, memberikan perbandingan lilitan primer-sekunder yang berubah-ubah.

- Transformator pulsa

Transformator pulsa adalah transformator yang didesain khusus untuk memberikan keluaran gelombang pulsa. Transformator jenis ini menggunakan material inti yang cepat jenuh sehingga setelah arus primer mencapai titik tertentu, fluks magnet berhenti berubah. Karena GGL induksi pada lilitan sekunder hanya terbentuk jika terjadi perubahan fluks magnet, transformator hanya memberikan keluaran saat inti tidak jenuh, yaitu saat arus pada lilitan primer berbalik arah.

- Transformator tiga fase

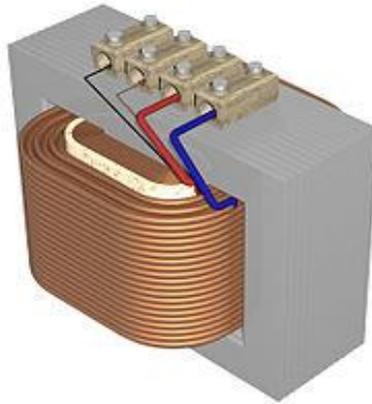
Transformator tiga fase sebenarnya adalah tiga transformator yang dihubungkan secara khusus satu sama lain. Lilitan primer biasanya dihubungkan secara bintang (Y) dan lilitan sekunder dihubungkan secara delta (Δ) [5].

2.6. Bagian - Bagian Transformator

- Kumparan Trafo

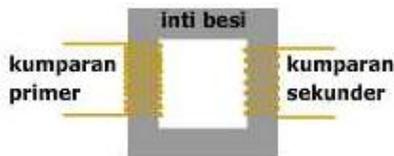
Beberapa lilitan kawat berisolasi membentuk suatu kumparan. Kumparan tersebut diisolasi baik terhadap inti besi maupun terhadap kumparan lain dengan isolasi padat seperti karton, pertinax dan lain-lain. Umumnya pada trafo terdapat kumparan primer dan sekunder. Bila kumparan primer dihubungkan dengan tegangan/arus bolak-balik maka pada kumparan tersebut timbul fluksi yang menginduksikan tegangan, bila pada rangkaian

sekunder ditutup (rangkaiian beban) maka akan mengalir arus pada kumparan ini. Jadi kumparan sebagai alat transformasi tegangan dan arus.



Gambar 2. 3 Kumparan Transformator

- Inti besi
Suatu transformator terdiri atas beberapa bagian yang mempunyai fungsi masing-masing: Bagian utama adalah Inti besi. Inti besi berfungsi untuk mempermudah jalan fluksi, yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan. Dibuat dari lempengan-lempengan besi tipis yang berisolasi, untuk mengurangi panas (sebagai rugi-rugi besi) yang ditimbulkan oleh “Eddy Current”.



Gambar 2. 4 Bagian – Bagian Transformer

Kumparan tertier

Kumparan tertier diperlukan untuk memperoleh tegangan tertier atau untuk kebutuhan lain. Untuk kedua keperluan tersebut, kumparan tertier selalu dihubungkan delta. Kumparan tertier sering dipergunakan juga untuk penyambungan peralatan bantu seperti kondensator synchrone, kapasitor shunt dan reactor shunt, namun demikian tidak semua trafo daya mempunyai kumparan tertier.

- Minyak trafo Sebagian besar trafo tenaga kumparan-kumparan dan intinya direndam dalam minyak-trafo, terutama trafo-trafo tenaga yang berkapasitas besar, karena minyak trafo mempunyai sifat sebagai media pemindah panas (disirkulasi) dan bersifat pula sebagai isolasi (daya tegangan tembus tinggi) sehingga berfungsi sebagai media pendingin dan isolasi. Untuk itu minyak trafo harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:
 - kekuatan isolasi tinggi
 - penyalur panas yang baik berat jenis yang kecil, sehingga partikel-partikel dalam minyak dapat mengendap dengan cepat
 - viskositas yang rendah agar lebih mudah bersirkulasi dan kemampuan pendinginan menjadi lebih baik
- Titik nyala yang tinggi, tidak mudah menguap yang dapat membahayakan
- Tidak merusak bahan isolasi padat sifat kimia Yang stabil [6]

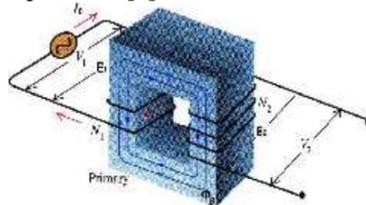
Prinsip kerja transformator adalah berdasarkan induksi elektromagnetik. Jika kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, sementara kumparan sekunder dalam keadaan tak berbeban, maka pada kumparan tersebut mengalir arus yang disebut arus beban nol (I_0). Arus ini akan membangkitkan fluks bolak-balik pada inti. Fluks bolak-balik ini dilingkupi oleh kumparan kumparan primer dan sekunder sehingga pada kedua kumparan timbul gaya listrik yang besarnya

$$E_1 = 4,44 \times f \times N_1 \times \Phi_m \dots \dots \dots (1)$$

$$E_2 = 4,44 \times f \times N_2 \times \Phi_m \dots \dots \dots (2)$$

dengan

E_1 = gaya gerak listrik kumparan primer
 E_2 = gaya gerak listrik kumparan sekunder
 N_1 = jumlah lilitan primer
 N_2 = jumlah lilitan sekunder
 f = frekuensi tegangan sumber
 Φ_m = fluks magnet pada inti [7].



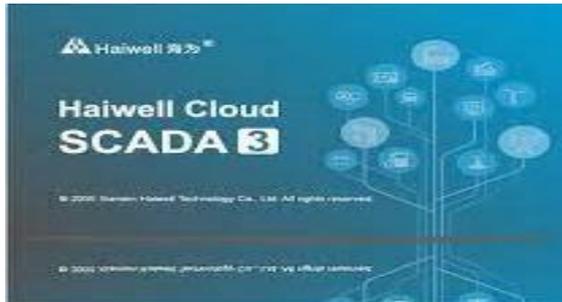
Gambar 2. 5 Rangkaian Trafo1 Fasa

Transformator atau biasa dikenal dengan trafo berasal dari kata *transformatie* yang berarti perubahan. Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain, melalui gandeng magnet berdasarkan pada prinsip elektromagnetik. Trafo satu fasa sama seperti trafo pada umumnya hanya penggunaannya untuk kapasitas kecil

2.7. Software SCADA

Karena ketahanannya yang tinggi, Sistem Pemantauan Akuisisi dan Kontrol Data (SCADA) telah diisi ulang untuk pemantauan dan pengendalian proses di beberapa lokasi industri dalam beberapa tahun terakhir. Salah satu sistem yang memanfaatkan integrasi SCADA adalah jaringan listrik. Integrasi sistem fotovoltaik (PV) ke dalam jaringan listrik saat ini merupakan fokus dari perbaikan umum lainnya dalam sistem tenaga listrik. Mengatur dan mengamati Komponen utama sistem fotovoltaik yang terikat jaringan adalah inverter DC/AC. Untuk memenuhi kriteria tersebut, banyak penelitian telah dilakukan pada pengendalian inverter *grid* [8]. Aset infrastruktur

penting, termasuk bahan kimia, pembangkit listrik, jaringan transmisi dan distribusi, jaringan distribusi air, dan fasilitas pengolahan air limbah, secara khusus dilengkapi dengan sistem SCADA.



Gambar 2. 6 Platform Tampilan Scada Haiwell

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

- a. **Alat tautan data terintegrasi**
Data dapat dikirim dan disimpan dalam database seperti MySQL dan SQL Server menggunakan alat koneksi data Haiwell..
- b. **Server MQTT terintegrasi menawarkan dukungan untuk protokol MQTT.**
memiliki konektivitas ke ERP/MES, memfasilitasi akses sederhana ke server database, data, dan pelaporan, serta mendukung protokol MQTT. Server Mqtt terintegrasi memungkinkan proksi dan membuatnyamudahuntukmengimplementasikan jaringan MQTT.
- c. **Cloud transparan fungsi transmisi.**
Unggah dan unduh, pembaruan firmware, pemrograman PLC jarak jauh, pemantauan, dan debugging semuanya disertakan. Kenali keadaan yang tidak biasa di lapangan pada waktu atau

lokasi mana pun. Mendeteksi kondisi abnormal di lapangan kapan saja.

- d. **Bantuan dengan konfigurasi cadangan.**
Kemampuan untuk mengumpulkan data yang dapat diubah dan menanganinya secara terpusat di luar lokasi memudahkan teknisi untuk mengoperasikan pusat tersebut dari jarak.
- e. **Kendali dengan jarak jauh.**
Browser jaringan komputer mana pun dapat digunakan untuk menontonnya. Tidak perlu mengulang pengaturan karena layar ponsel ini sama dengan yang ada di PC Anda
- f. **pusat data cloud pada Haiwell .**
Pengguna dapat mengoperasikan peralatan terpusat dari jarak jauh melalui cloud pusat data Haiwell, sehingga menghilangkan kebutuhan untuk membangun server.
- g. **perintah yang dapat diprogram.**
memanfaatkan semua pengaturan sumber daya yang tersedia dan mendukung bahasa pemrograman Java.Script yang lebih ampuh dibandingkan SCADA konvensional.
- h. **Alarm sebagai tanda.**
Pengguna yang tepat menerima informasi alarm dari lokasi industri secara real-time melalui email, WeChat, SMS, dan alarm komputer.
- i. **Mendukung protokol pihak ketiga dalam sistem.**
Untuk mendukung sebagian besar PLC dan alat inverter terbaru, ia menggabungkan beberapa driver perangkat industri.
- j. **Fungsi tampilan**
mampu menggunakan berbagai primitif dan bitmap dalam foto untuk melakukan pemantauan waktu nyata dan segera memeriksa status industri.gambar.
- k. **Modul tujuan umum.**
Pemangku kepentingan bisa mendapatkan notifikasi situs industri melalui email, SMS, WeChat, suara komputer, gambar, dan banyak lagi. Rekayasa jaringan memfasilitasi pertukaran data dan kontrol terdistribusi yang memungkinkan berbagai proyek berfungsi sebagai klien atau server bersama-sama.
- l. **Sistem Data - data yang kuat.**

Tangkap lalu simpan informasinya. Periksa data terkini dan masa lalu untuk memecahkan masalah produksi, meningkatkan efektivitas output, dan meningkatkan kualitas produk.

m. simulasi.

mampu mengoperasikan proyek dalam simulasi tanpa bergantung pada atau menggunakan perangkat keras sebenarnya. Ini juga dapat diuji dalam perangkat lunak untuk menghemat waktu yang diperlukan untuk siklus pengembangan.

2.8. Sistem SCADA

Sistem SCADA ialah kumpulan alat atau Komponen yang membentuk satu kesatuan dan bekerja sama. SCADA adalah singkatan dari Supervisory Control And Data Acquisition

- A. Supervisory= mengikuti
- B. Control= kendali
- C. Data Acquisition= minta/kirim data.

Oleh karena itu, sistem SCADA adalah unit dari berbagai perangkat yang berkomunikasi satu sama lain untuk mengontrol, memantau, dan memproses fungsi pengumpulan data.

Ada dua prinsip dasar sistem SCADA:

1. Memantau dan mengontrol semua perangkat di jaringan dari jarak jauh.
2. SCADA bekerja pada pengumpulan data dan transmisi data selanjutnya dan sinyal kontrol (status) yang ditampilkan pada layar multi-operator ke kantor pusat. SCADA adalah sistem kendali dan pemantauan jarak jauh.

Tujuan dalam sistem catu daya SCADA adalah untuk mendapatkan sistem operasi yang optimal. Secara umum, proses kontrol pada sistem tenaga jarak jauh terdiri dari 4 jenis:

- a) Memulai/Memelihara Pemutus arus, Distributor, dan Genset.
- b) Mengontrol perangkat kontrol seperti mengatur titik setel atau menaikkan dan menurunkan posisi sakelar katup.
- c) pemantauan dan pengaturan.
- d) Kontrol otomatis untuk pengurutan dan kontrol atas perintah rutin, seperti mengubah konfigurasi sistem

- Pengaruh scada pada sistim distribusi:

Penerapan mesin SCADA di jaringan distribusi dapat membuat pengelolaan dan waktu pemulihan jaringan listrik menjadi lebih andal, mengurangi area pemadaman, dan meningkatkan penawaran distribusi pada pelanggan. Dengan perangkat SCADA, gangguan dapat di alihkan jika terjadi kesalahan. Dari arah gardu induk asli yang mengalami gangguan, beban di daerah gangguan dapat dipindahkan ke gardu induk lain, sehingga energi yang disalurkan ke beban tetap dapat disalurkan tanpa gangguan.

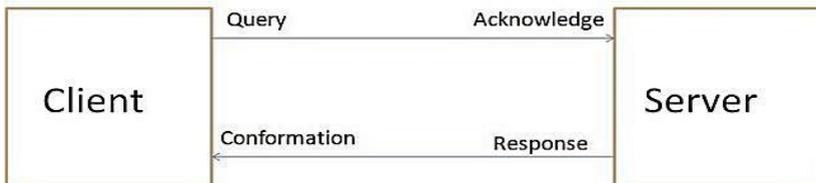
Komputer server yang bertindak sebagai RTU merupakan komponen utama sistem pemantauan SCADA, yang mengumpulkan data dari meteran listrik digital. Wonderware Intouch 9.5, sebuah HMI, digunakan oleh VDU dan bertindak sebagai antarmuka untuk komunikasi antara komputer klien dan server. Sebagai parameter efektif dari sistem SCADA yang dikembangkan, data yang dikumpulkan di server dan di stasiun master komputer klien akan dibandingkan dan diperiksa. Data di komputer server adalah data referensi dalam hal ini. [9]

2.9. Siklus Pesan di Modbus TCP

Sistem digital modbus mulai dikembangkan pada tahun 1979 oleh modicon [10]. Modbus adalah protokol komunikasi mendasar sebagian besar dimanfaatkan dalam bisnis. Ini adalah protokol yang terbuka, mudah digunakan, dan global. Antarmuka untuk barang-barang industri baru, seperti PLC, PAC, perangkat I/O, dan instrumen, mungkin berupa Ethernet, serial, atau bahkan nirkabel. Manfaat utama protokol Modbus adalah kompatibilitasnya dengan banyak media komunikasi, termasuk Ethernet, nirkabel, serat optik, dan kabel twisted pair. Perangkat Modbus menyertakan memori, yang digunakan untuk menyimpan data pabrik. Input diskrit, kumparan diskrit, register input, dan register penahan adalah empat komponen yang membentuk memori ini. [11]. Penghapusan pesan dikendalikan oleh modicon. Protokol mengatur bagaimana setiap pengontrol mengidentifikasi alamat perangkat, pesan yang ditujukan padanya, jenis tindakan yang harus dilakukan, data yang disertakan dalam pesan, dan cara mengekstrak informasi tambahan selama komunikasi melalui jaringan Modbus. Ketika sebuah jawaban diperlukan, kontrol menghasilkan pesan yang respons dan mengirimkannya melalui

sistem pada Modbus [12]. Modbus ASCII, Modbus TCP, dan Modbus RTU adalah protokol komunikasi yang populer. Dalam sistem SCADA, protokol Modbus/TCP sering digunakan untuk memfasilitasi komunikasi antara pengontrol logika terprogram (PLC) dan antarmuka manusia-mesin (HMI). Teknologi komunikasi standar industri ModBus TCP/IP umumnya digunakan untuk membangun platform sensor-cloud berbasis Internet. Namun karena protokol TCP/IP Modbus lengkap selalu memerlukan sistem operasi lengkap, yang menghabiskan banyak sumber daya perangkat keras, banyak sistem pengumpulan data saat ini yang dibangun di atas mikrokontroler chip tunggal konvensional yang tidak memiliki kapasitas memadai tidak dapat menanganinya. Oleh karena itu, untuk membuatnya berfungsi secara efektif dan stabil bahkan pada platform perangkat keras dengan sumber daya terbatas, protokol Modbus tcp/ip yang sederhana disediakan dalam penelitian ini.

Diagram mengilustrasikan empat fase yang membentuk siklus pesan TCP Modbus. Prosesnya dimulai dengan klien mengirimkan kueri ke server (permintaan koneksi); pada langkah kedua, server mengakui atau menerima permintaan; pada langkah ketiga, server merespons dengan kode fungsi; dan pada langkah keempat, klien memberi sinyal ke server bahwa koneksi TCP dapat dihentikan. [13].



Gambar 2. 7 Pesan jalur pada Modbus TCP

2.10. Modbus power meter



Gambar 2. 8 Modbus Digital Power Meter

2.11. USB Converter

Modul serial converter ini merubah serial USB ke RS485 yang digunakan untuk keperluan komunikasi data berbasis rs485 untuk industry maupun komersial



Gambar.2.8 USB CONVERTER

Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa kapasitas dan pembebanan dari masing-masing gardu trafo berbeda, panjang saluran antar gardu trafo juga berbeda. Hal ini berpengaruh pada proses penyaluran energi listrik pada konsumen karena adanya impedansi

