

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Setelah penulis melakukan telaah terhadap beberapa referensi yang ada, ada beberapa yang memiliki keterkaitan dengan perancangan yang penulis lakukan.

Pada sebuah sistem jaringan distribusi 20 KV haruslah memiliki suatu sistem proteksi yang handal dan optimal. Sistem proteksi bertujuan untuk mendapatkan koordinasi sistem proteksi yang baik dan optimal ^[3]. Sistem yang dibuat berdasarkan pada perhitungan OCR (Over Current Relay) dan juga GFR (Ground Fault Relay) ^[3]. Nilai OCR dan GFR yang didapatkan berasal dari analisis perhitungan arus hubung singkat yang terjadi ^[3]. Arus hubung singkat didapatkan dari adanya hubung singkat yang terjadi pada jaringan, baik hubungan antar fasa maupun hubungan antara fasa dengan netral ^[4]. Besarnya nilai dari arus hubung singkat ini dipengaruhi oleh jarak lokasi terjadinya arus hubung singkat dengan komponen pengukur besaran nilai arus hubung singkat, atau yang biasa digunakan adalah CT (*Current Transformer*) ^[4]. Besarnya arus hubung singkat juga akan memengaruhi waktu kerja dari OCR maupun GFR yang terjadi apakah akan instant ataupun dengan jeda waktu tertentu (*delay*) ^[4]. Untuk menunjang adanya sistem koordinasi proteksi yang handal dan optimal diperlukan adanya peralatan-peralatan penunjang yang memadai ^[5]. Peralatan-peralatan proteksi yang dipakai dalam koordinasi proteksi pada jaringan distribusi adalah PMT (Pemutus Tenaga) serta *Recloser* atau yang biasa disebut PBO (Pemutus Balik Otomatis) ^[5].

Penggunaan PMT dan Recloser ini harus memiliki koordinasi yang baik antar peralatan tersebut agar dicapai koordinasi yang baik pula ^[5]. Untuk mendapatkan koordinasi yang baik settingan dari suatu PMT harus bisa di sinkronkan dengan settingan dari recloser agar bisa saling mendukung satu sama lain dalam mengatasi suatu arus hubung singkat. Di dalam suatu jaringan distribusi pada satu penyulang tidak sedikit yang memiliki beberapat recloser dalam satu jaringannya ^[6]. Untuk mendapatkan kesesuaian settingan yang diinginkan dan untuk kehandalan jaringan recloser tersebut harus memiliki nilai settingan yang saling mendukung atau saling mem *back-up* ^[6].

Perbedaan Tugas Akhir yang dibuat oleh penulis dari beberapa referensi di atas adalah pada Tugas Akhir yang dibuat penulis akan menyimulasikan sebuah koordinasi sistem proteksi pada suatu jaringan distribusi 20 KV. Peralatan-peralatan yang akan disimulasikan oleh penulis adalah PMT (Pemutus Tenaga) dan juga *Recloser* (PBO). Pada tugas akhir ini penulis hanya akan menyimulasikan bagaimana cara kerja dari peralatan PMT dan cara kerja peralatan *Recloser* serta bagaimana koordinasi antar peralatan tersebut sehingga terdapat koordinasi sistem proteksi yang handal dan optimal. Pada simulasi yang dibuat penulis menggunakan besaran arus AC dengan tegangan 12 VAC dan menggunakan arus hubung singkat phasa dengan netral pada jaringan satu phasa.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik adalah sekumpulan pusat-pusat listrik yang diinterkoneksi satu dengan lainnya melalui transmisi atau distribusi untuk memasok ke beban atau dari satu pusat listrik dimana mempunyai beberapa unit generator yang diparalel ^[1]. Karena pusat listrik berada jauh dari pusat beban, maka diperlukan tegangan tinggi dalam proses transmisinya, supaya pasokan tenaga listrik tetap stabil terutama tegangan dan frekuensi.

Adapun sistem kelistrikan di Jawa adalah sebagai berikut:

- Tegangan Ekstra Tinggi : 500 kV
- Tegangan Tinggi : 150 kV
- Tegangan Menengah : 20 kV
- Tegangan Rendah : 380 – 220 V

Penurunan tegangan dimulai dari gardu induk bertenaga besar, dimana tegangan diturunkan ke daerah sebesar 150kV. Untuk beberapa pelanggan industri besar sudah dapat dipasok dari tegangan 150kV ini. Penurunan tegangan selanjutnya terjadi di gardu induk distribusi primer, tegangan yang digunakan adalah sebesar 20kV untuk tegangan 3 fasa dan 11,5kV untuk tegangan 1 fasa. Sebagian besar beban untuk industri dicatu dengan sistem distribusi primer, yang mencatu transformator distribusi. Transformator ini menyediakan sisi sekunder tegangan rendah untuk mensuplay rumah tangga, dengan tegangan yang dikeluarkan sebesar 380V untuk 3 fasa dan 220V untuk 1 fasa ^[2].

2.2.2 Pengertian Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Jaringan distribusi tenaga listrik adalah jaringan tenaga listrik yang memasok kelistrikan ke beban (pelanggan) mempergunakan tegangan menengah 20kV dan tegangan rendah 220/380V ^[1]. Jaringan distribusi dengan tegangan menengah 20kV disebut jaringan distribusi primer, dimana jaringannya mempergunakan, antara lain:

- Saluran kabel tegangan menengah (SKTM), mempergunakan kabel XLPE.
- Saluran udara tegangan menengah (SUTM), mempergunakan kawat A3C, A2C, ACSR atau *twisted cable*.

Jaringan distribusi dengan tegangan rendah 220/380V disebut jaringan distribusi sekunder, dimana jaringannya mempergunakan kabel lilit (*twisted cable*). Dan sumber kelistrikannya diperoleh dari gardu distribusi (gardu beton, gardu cantol, gardu portal) .

Sistem distribusi dibagi menjadi 2 bagian, yaitu sistem distribusi primer dan sistem distribusi sekunder ^[1]. Kedua sistem tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Sistem Distribusi Primer

Sistem distribusi primer merupakan sistem yang terletak pada sisi primer trafo distribusi, yaitu antara titik Sekunder trafo substation (G.I.) dengan titik primer trafo distribusi. Saluran ini bertegangan menengah 20kV. Jaringan listrik 70 kV atau 150 kV, jika langsung melayani pelanggan , bisa disebut jaringan distribusi.

Sistem distribusi primer digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk distribusi ke pusat-pusat beban. Sistem ini dapat menggunakan saluran

udara, kabel udara, maupun kabel tanah sesuai dengan tingkat keandalan yang diinginkan dan kondisi serta situasi lingkungan. Saluran distribusi ini direntangkan sepanjang daerah yang akan di suplai tenaga listrik sampai ke pusat beban.

2. Sistem Distribusi Sekunder

Sistem distribusi sekunder merupakan sistem yang terletak pada sisi sekunder trafo distribusi, yaitu antara titik sekunder dengan titik cabang menuju beban. Sistem tegangan rendah ini langsung akan dihubungkan kepada konsumen/pemakai tenaga listrik.

2.2.3 Topologi Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi adalah jaringan yang menyalurkan listrik dari gardu induk distribusi menuju ke pusat beban. Saluran distribusi ini direntangkan sepanjang daerah yang akan di suplai tenaga listrik sampai ke pusat beban. Terdapat bermacam-macam bentuk rangkaian jaringan distribusi primer sebagai berikut ^[1]:

1. Jaringan Distribusi *Radial*

Disebut jaringan radial apabila dari titik sumber menuju ke titik beban hanya ada satu saluran (*line*) dan tidak ada alternatif saluran lainnya. Bentuk jaringan ini adalah yang paling dasar dan sederhana karena hanya ditarik satu garis dari titik sumber dan kemudian dicabang-cabang. Catu daya berasal dari satu titik sumber dan karena adanya pencabangan-pencabangan tersebut, maka arus beban yang mengalir sepanjang saluran menjadi tidak sama besar.

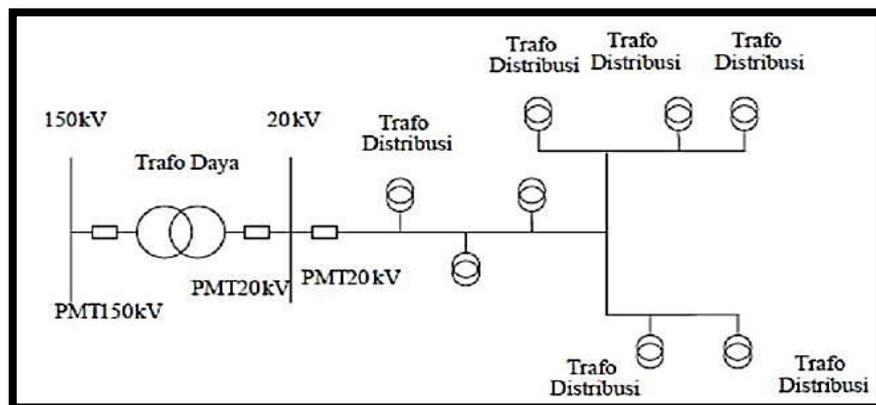
Spesifikasi jaringan radial adalah sebagai berikut:

- 1) Bentuknya sederhana.
- 2) Biaya investasinya relatif murah.
- 3) Kualitas pelayanan dayanya relatif jelek, karena rugi tegangan dan

rugi daya yang terjadi pada saluran relatif besar.

4) Kontinuitas pelayanan daya tidak terjamin, sebab antara titik sumber dan titik beban hanya ada satu alternatif saluran sehingga bila saluran tersebut mengalami gangguan, maka seluruh rangkaian sesudah titik gangguan akan mengalami "black out" secara total.

Untuk melokalisir gangguan, pada bentuk radial ini biasanya dilengkapi dengan peralatan pengaman berupa *fuse*, *sectionalizer*, *recloser*, atau alat pemutus beban lainnya, tetapi fungsinya hanya membatasi daerah yang mengalami pemadaman total, yaitu daerah saluran sesudah/dibelakang titik gangguan, selama gangguan belum teratasi.



Gambar 2.1 Jaringan Distribusi Radial ^[7]

2. Jaringan Distribusi Ring (*Loop*)

Disebut jaringan distribusi ring (*loop*) apabila di titik beban terdapat dua alternatif sumber dan jaringan ini berbentuk tertutup. Susunan rangkaian penyulang membentuk ring, yang memungkinkan titik beban dilayani dari dua arah penyulang, sehingga kontinuitas pelayanan lebih terjamin, serta kualitas dayanya menjadi lebih baik, karena rugi tegangan dan rugi daya pada saluran menjadi lebih kecil.

Bentuk *loop* ini ada 2 macam, yaitu ^[7]:

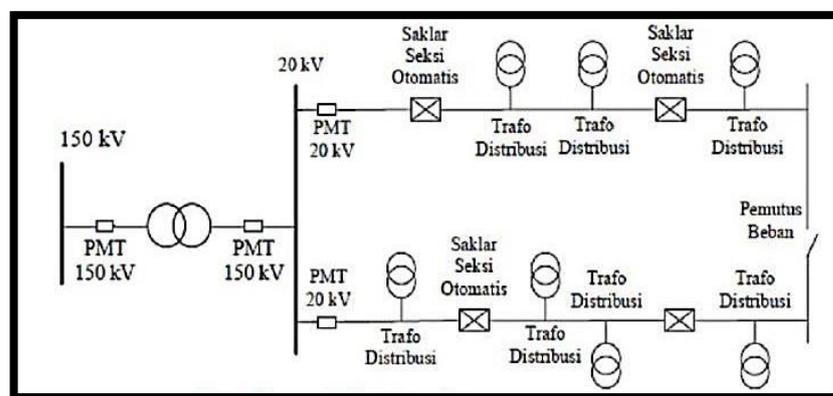
1) Bentuk *open loop*

Bila diperlengkapi dengan *normally-open switch*, dalam keadaan normal rangkaian selalu terbuka.

2) Bentuk *close loop*

Bila diperlengkapi dengan *normally-close switch*, yang dalam keadaan normal rangkaian selalu tertutup.

Pada tipe ini, kualitas dan kontinuitas pelayanan daya lebih baik, tetapi biaya investasinya lebih mahal, karena memerlukan pemutus beban yang lebih banyak. Bila digunakan dengan pemutus beban yang otomatis (dilengkapi dengan *recloser*), maka pengamanan dapat berlangsung cepat dan praktis, dengan cepat pula daerah gangguan segera beroperasi kembali bila gangguan telah teratasi. Dengan cara ini berarti dapat mengurangi tenaga operator. Bentuk ini cocok untuk digunakan pada daerah beban yang padat dan memerlukan keandalan tinggi.



Gambar 2.2 Jaringan Distribusi Ring (Loop) ^[7]

2.2.4 Gangguan Sistem Distribusi

A. Gangguan Beban Lebih

Gangguan beban lebih bukan merupakan gangguan murni, tetapi bila dibiarkan terus-menerus berlangsung dapat merusak peralatan listrik yang teraliri arus gangguan tersebut. Karena arus yang mengalir melebihi dari kepastian peralatan listrik dan pegaman ang terpasang melebihi kapasitas peralatan, sehingga saat beban melebihi pegaman tidak trip.

B. Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat, dapat terjadi antar fasa (3 fasa atau 2 fasa) atau 1 fasa ke tanah dan sifatnya bisa temporer atau permanen.

1. Gangguan Permanen

Salah satu contoh gangguan permanen adalah gangguan hubung singkta, yang bisa terjadi pada kabel atau belitan transformator tenaga yang disebabkan karena arus gangguan hubung singkat melebihi kapasitasnya, sehingga penghantar menjadi panas yang dapat mempengaruhi isolaso atau minyak transformator, sehingga isolasi tembus.

Pada generator yang disebabkan adanya gagguan hubung singkat atau pembebanan yang melebihi kapasitas. Sehingga rotor memasok arus dari eksitasi berlebih yang dapat menimbulkan pemanasan yang dapat merusak isolasi tembus.

Disini pada titik gangguan memang terjadi kerusakan yang permanen. Peralatan yang terganggu tersebut, baru bisa dioperasikan kembali setelah bagian yang rusak diperbaiki atau diganti.

2. Gangguan Temporer

Salah satu contoh gangguan temporer adalah *flashover*. *Flashover* terjadi karena sambaran petir (penghantar terkena sambaran petir), *flashover* dengan pohon, penghantar tertiuup angin yang dapat menimbulkan gangguan antar fasa atau penghantar fasa menyentuh pohon yang dapat menimbulkan gangguan 1 fasa ke tanah. Gangguan ini yang tembus (*breakdown*) adalah isolasi udaranya, oleh karena itu tidak ada kerusakan yang permanen.

Setelah arus gangguannya terputus, misalnya karena terbukanya *circuit breaker* oleh relay pengamannya, peralatan atau saluran yang terganggu tersebut siap dioperasikan kembali.

Gangguan hubung singkat dapat merusak peralatan dengan cara sebagai berikut:

- 1) Termis atau pemanasan berlebih pada peralatan listrik yang dilalui oleh arus gangguan dapat merusak peralatan listrik. Dimana kerusakan akibat arus gangguan tergantung pada besar dan lamanya arus gangguan.
- 2) Mekanis atau gaya tarik-menarik/tolak-menolak pada penghantar fasa yang terganggu karea adanya frekwensi elektris yang dapat menimbulkan frekuensi mekanis.

2.2.5 Pemutus Balik Otomatis (PBO)



Gambar 2.3 Pemutus balik otomatis ^[8]

Recloser atau disebut juga sebagai Penutup Balik Otomatis(PBO) adalah alat perlindungan arus lebih berfungsi untuk memutuskan saluran secara otomatis ketika terjadi gangguan dan akan segera menutup kembali beberapa waktu kemudian sesuai dengan setting waktunya. Biasanya alat ini disetting untuk dua kali bekerja, yaitu dua kali pemutusan dan dua kali penyambungan. Apabila kerja *recloser* tidak kembali menutup, maka terjadi gangguan permanen.

Karakteristiknya PBO yang terpenting dalam pemakaiannya :

1. Penggunaan sebagai pengaman saluran udara tegangan menengah dari arus hubung singkat di jaringan dan terpasang setelah PMT out going penyulang 20 KV;
2. Maksimum dalam mengamankan jaringan 20 KV dari gangguan yang luas atau memperkecil radius pemadaman akibat gangguan.

Sistem monitoring recloser ini merupakan simulasi dari monitoring yang sebenarnya.

Alat monitoring tersebut memonitoring dan mengukur besaran arus yang berkaitan dengan arus yang dihantarkan pada 1 feeder saat bekerja. Seperti yang di ketahui, saat recloser bekerja, pusat informasi harus mengetahui keadaan-keadaan *recloser* tersebut bagaimana.

Alat monitoring recloser ini, mengirimkan beberapa hasil pembacaan besaran dari sensor yang kemudian dikirimkan sebagai input dari mikrokontroller, yang selanjutnya akan diproses selanjutnya oleh mikrokontrollernya. Alat ini menggunakan processor mikrokontroller yaitu Arduino Mega 2560

2.2.6 Pemutus Tenaga (PMT)



Gambar 2.4 Pemutus Tenaga (PMT) ^[8]

Pemutus Tenaga (PMT) merupakan peralatan saklar / switching mekanis, yang mampu menutup, mengalirkan dan memutus arus beban dalam kondisi normal serta mampu menutup, mengalirkan (dalam periode waktu tertentu) dan memutus arus beban dalam spesifik kondisi abnormal / gangguan seperti kondisi short circuit / hubung singkat. Fungsi utamanya adalah sebagai alat pembuka atau penutup suatu rangkaian listrik dalam kondisi berbeban, serta mampu membuka atau menutup saat terjadi arus gangguan (hubung singkat) pada jaringan atau peralatann lain.

2.3 Komponen Alat Simulasi

2.3.1 Mikrokontroler *Arduino Mega 2560*

Arduino Mega2560 adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega2560. Arduino Mega2560 memiliki 54 pin digital input/output, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 16 pin sebagai input analog, dan 4 pin sebagai UART (port serial hardware), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, jack power, header ICSP, dan tombol reset. Cukup dengan menghubungkannya ke komputer melalui kabel USB atau power dihubungkan dengan adaptor AC-DC atau baterai untuk mulai mengaktifkannya.



Gambar 2.5 Arduino Mega 2560 ^[9]

Papan 2560 Mega dapat diprogram dengan Arduino Software (IDE).

ATmega2560 pada Mega 2560 sudah diprogram dengan bootloader yang memungkinkan untuk mengunggah kode baru ke dalamnya tanpa menggunakan programmer perangkat keras eksternal. Mega 2560 berkomunikasi menggunakan protokol STK500 asli (referensi, file header C), juga dapat mem-bypass bootloader dan memprogram mikrokontroler melalui header ICSP (In-Circuit Serial Programming) menggunakan Arduino ISP atau yang serupa. Kode sumber firmware ATmega16U2 (atau 8U2 dalam rev1 dan rev2 boards) tersedia di

repositori Arduino. ATmega16U2 / 8U2 dimuat dengan bootloader DFU, yang dapat diaktifkan oleh:

- Pada papan Rev1: menghubungkan jumper solder di bagian belakang papan dan kemudian mengatur ulang 8U2.
- Pada papan Rev2 atau yang lebih baru: ada resistor yang menarik garis 8U2 / 16U2 HWB ke tanah, membuatnya lebih mudah untuk dimasukkan ke mode DFU. Kemudian gunakan perangkat lunak FLIP Atmel (Windows) atau programmer DFU (Mac OS X dan Linux) untuk memuat firmware baru atau dapat menggunakan header ISP dengan programmer eksternal (menimpa bootloader DFU).

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Mega 2560 ^[9]

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	20 mA

DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Length	101.52 mm
Width	53.3 mm
Weight	37 g

Mega 2560 dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Daya eksternal (non-USB) dapat berasal dari adaptor AC-ke-DC atau baterai. Adaptor dapat dihubungkan dengan mencolokkan colokan positif-tengah 2.1 mm ke colokan listrik board. Dari baterai dapat dimasukkan ke header GND dan Vin pin konektor POWER. Mikrokontroler ini dapat beroperasi dengan tegangan eksternal 6 hingga 20 volt. Jika disediakan tegangan kurang dari 7V, pin 5V dapat memasok kurang dari lima volt dan menyebabkan ketidakstabilan. Jika menggunakan lebih dari 12 V, pengatur

tegangan dapat menjadi terlalu panas dan merusak papan. Kisaran yang disarankan adalah 7 hingga 12 volt. Pin daya adalah sebagai berikut:

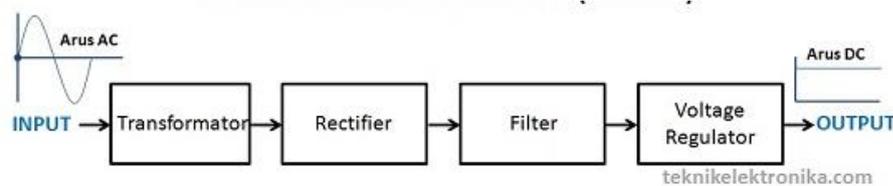
- Vin. Tegangan input ke papan ketika menggunakan sumber daya eksternal (dibandingkan dengan 5 volt dari koneksi USB atau sumber daya teregulasi lainnya). Pin ini dapat digunakan untuk mensuplai tegangan atau jika memasok tegangan melalui colokan listrik, akses melalui pin ini.
- 5V. Pin ini menghasilkan 5V yang diatur dari regulator di papan. Papan dapat dipasok dengan daya baik dari colokan listrik DC (7 - 12V), konektor USB (5V), atau pin VIN papan (7-12V). Memasok tegangan melalui pin 5V atau 3.3V melewati regulator, dan dapat merusak papan Anda.
- 3V3. Suplai 3,3 volt yang dihasilkan oleh regulator on-board. Daya tarik arus maksimum adalah 50 mA.
- GND. Pin tanah.
- IOREF. Pin ini di papan menyediakan referensi tegangan yang dioperasikan oleh mikrokontroler. Perisai yang dikonfigurasi dengan benar dapat membaca tegangan pin IOREF dan memilih sumber daya yang sesuai atau mengaktifkan penerjemah tegangan pada output untuk bekerja dengan 5V atau 3.3V.

2.3.2 *Catu Daya*

Catu Daya atau sering disebut dengan Power Supply adalah sebuah piranti yang berguna sebagai sumber listrik untuk piranti lain. Pada dasarnya Catu Daya bukanlah sebuah alat yang menghasilkan energi listrik saja, namun ada beberapa Catu Daya yang menghasilkan energi mekanik, dan energi yang lain. Daya untuk

menjalankan peralatan elektronik dapat diperoleh dari berbagai sumber. Power supply atau catu daya adalah sebuah peralatan penyedia tegangan atau sumber daya untuk peralatan elektronika dengan prinsip mengubah tegangan listrik yang tersedia dari jaringan distribusi transmisi listrik ke level yang diinginkan sehingga berimplikasi pada perubahan daya listrik. Pada intinya semua Power Supply atau Catu Daya mempunyai fungsi yang sama yaitu sebagai penyearah dari AC ke DC.

Untuk menghasilkan *output DC* yang stabil, sebuah catu daya harus memiliki komponen yang ditunjukkan pada blok diagram berikut:

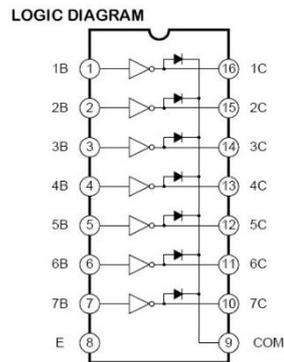


Gambar 2.6 Blok Diagram Catu Daya ^[14]

Berikut ini penjelasan singkat tentang prinsip kerja catu daya pada masing-masing blok:

2.3.3 IC ULN 2803 Driver Relay

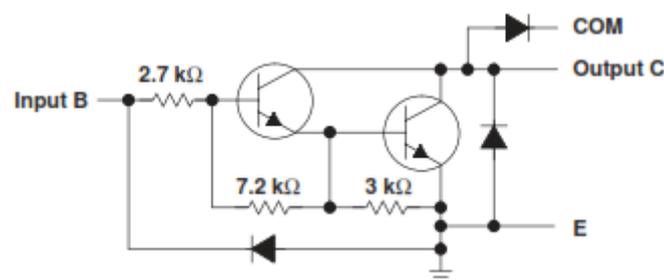
Driver relay merupakan rangkaian yang digunakan untuk menggerakkan *relay*. Rangkaian ini digunakan sebagai *interface* antara *relay* yang memiliki tegangan kerja bervariasi (misal 12 V) dengan *microcontroller* yang hanya bertegangan 5 V. Sebab, tegangan *output* mikrokontroler sebesar 5V tersebut belum bisa digunakan untuk mengaktifkan *relay*.



Gambar 2.7 Pin-out Diagram ULN 2803

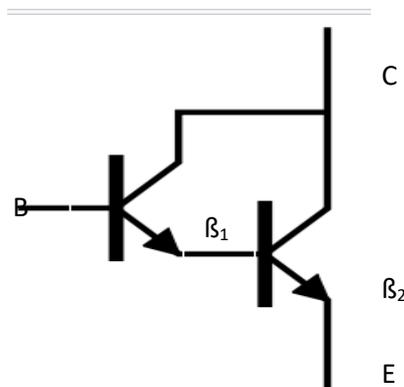
ULN2803 merupakan salah satu *chip* IC yang mampu difungsikan sebagai *driver relay*. IC ini mempunyai 7 buah pasangan transistor *Darlington npn*, dengan tegangan *output* maksimal 50 V dan arus setiap pin mencapai 500mA. Pasangan transistor *Darlington* adalah penggabungan dua buah transistor sejenis dengan dan umumnya mempunyai beta yang sama. Keuntungan transistor *Darlington* yakni mempunyai impedansi input tinggi dan impedansi *output* rendah.

ULN2803 mempunyai 16 pin dengan rincian pin 1-7 digunakan untuk menerima sinyal tingkat rendah, pin 7 sebagai *ground*, pin 8 sebagai *Vcc*, dan pin 9-16 merupakan *output*.



Gambar 2.8 Skematik Transistor Darlington ULN 2803

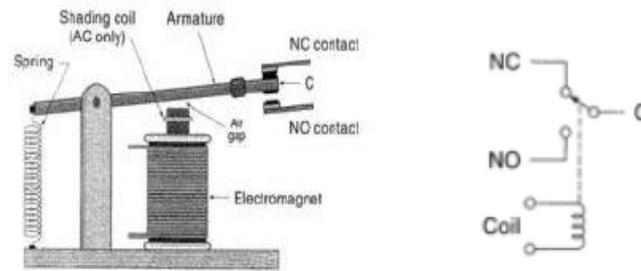
Prinsip kerja transistor Darlington sebagai saklar sama seperti transistor tunggal yang berfungsi sebagai saklar yaitu ketika transistor dalam kondisi saturasi dimana terdapat arus yang mengalir ke pin basis transistor sehingga memicu transistor dapat menghantarkan arus kolektor. Penggunaan transistor Darlington bertujuan untuk meningkatkan penguatan arus basis sehingga dapat menghantarkan arus yang lebih besar.



Gambar 2.9 Transistor Darlington^[14]

2.3.4 Relai 12 VDC

Relai berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran listrik yang dikontrol dengan memberikan tegangan dan arus tertentu pada coilnya^[8]. Dalam sebuah relai, terdapat sebuah armatur besi yang apabila terdapat arus nominal yang mengalir, akan menarik pegas sehingga berpindah posisi dari *Normally Close* ke *Normally Open*, atau sebaliknya. Ketika *coil* mendapat energi listrik (*energized*), akan timbul gaya elektromagnet yang akan menarik armature yang berpegas, dan *contact* akan menutup.

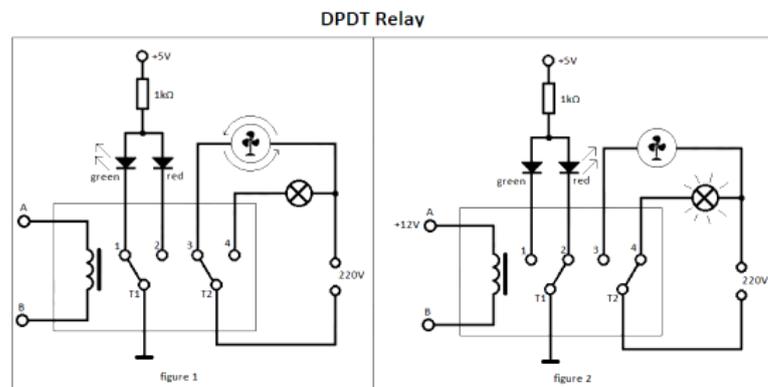


Gambar 2.10 Bagian-bagian Relay dan Simbolnya ^[8]

Berdasarkan jumlah *pole* (kontak) dan jumlah *throw* (kondisi kontak) maka *relay* dapat digolongkan menjadi beberapa golongan yaitu :

- 1) *Single Pole Single Throw (SPST)*
- 2) *Single Pole Double Throw (SPDT)*
- 3) *Double Pole Single Throw (DPST)*
- 4) *Double Pole Double Throw (DPDT)*

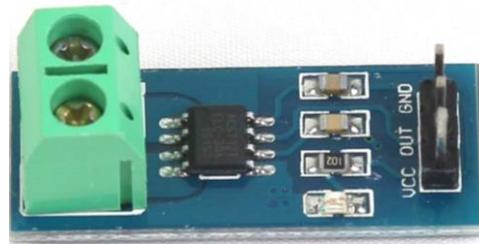
Dalam rancangan alat yang dibuat, digunakan relay jenis *double pole double throw (DPDT)*. Dalam hal ini, relai memiliki satu coil yang apabila ia diberi arus DC ia akan menginduksi kumparan dan akan menggerakkan 2 kontak secara bersamaan. Digunakannya relai tersebut bertujuan agar dapat menggerakkan dua beban sekaligus.



Gambar 2.11 Relay DPDT Menggerakkan 2 beban ^[8]

2.3.5 Sensor Arus ACS712

Sensor arus yang dipasang di alat ini merupakan sensor arus dengan tipe ACS 712. Sensor arus 5 Ampere ini merupakan modul sensor untuk mendeteksi besar arus yang mengalir lewat blok terminal menggunakan current sensor chip ACS712.



Gambar 2.12 Sensor Arus ACS712 ^[11]

Besar arus maksimum yang dapat dideteksi sebesar 5A di mana tegangan pada pin keluaran akan berubah secara linear mulai dari 2,5 Volt ($\frac{1}{2} \times VCC$, tegangan catu daya $VCC = 5V$) untuk kondisi tidak ada arus hingga 4,5V pada arus sebesar +5A atau 0,5V pada arus sebesar -5A (positif/negatif tergantung polaritas, nilai di bawah 0,5V atau di atas 4,5V dapat dianggap lebih dari batas maksimum). Perubahan tingkat tegangan berkorelasi linear terhadap besar arus sebesar 185 mV / Ampere.

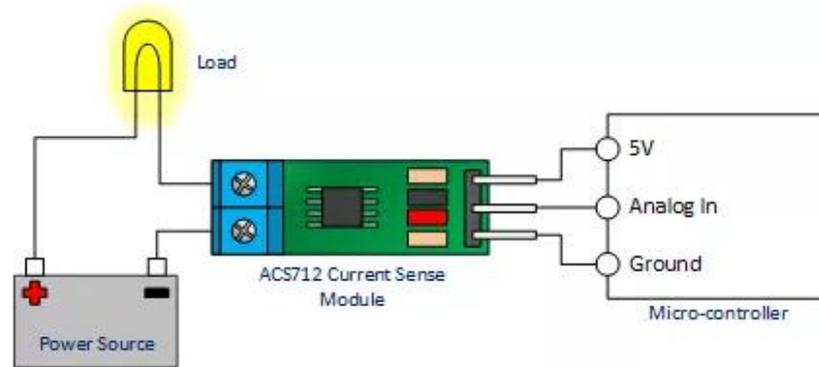
Sensor ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi, karena di dalamnya terdapat rangkaian offset rendah linier medan dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya yang menghasilkan medan magnet yang di tangkap oleh IC medan terintegrasi dan diubah menjadi tegangan proporsional.

Ketelitian dalam pembacaan sensor dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada di dalamnya antara penghantar yang menghasilkan medan magnet dengan transducer medan secara berdekatan.

Tabel 2.2 Fungsi Pin Sensor ACS712

Pin Sensor ACS712	Fungsi
IP +	Terminal yang mendeteksi arus
IP-	Terminal yang mendeteksi arus
GND	Terminal <i>ground</i>
Filter	Terminal kapasitor eksternal yang berfungsi sebagai pembatas bandwith
Vout	terminal keluaran sinyal analog
Vcc	Terminal masukan catu daya (<i>power</i>)

Hambatan dalam penghantar sensor sebesar 1,2 m Ω dengan daya yang rendah. Jalur terminal konduktif secara kelistrikan diisolasi dari sensor timah mengarah (pin 5 sampai pin 8). Hal ini menjadikan sensor arus ACS712 dapat digunakan pada aplikasi-aplikasi yang membutuhkan isolasi listrik tanpa menggunakan opto-isolator atau teknik isolasi lainnya yang mahal. IC ACS712 tipe 5A IC ini mempunyai sensitivitas sebesar 185mV/A. Saat arus yang mengalir 0A IC ini mempunyai output tegangan 2,5V. Nilai tegangan akan bertambah berbanding lurus dengan nilai arus



Gambar 2.13 Analogi sensor ACS712 dan beban

Karakteristik ACS712

- Memiliki sinyal analog dengan sinyal-gangguan rendah (*low-noise*)
- Ber-*bandwidth* 80 kHz
- Total output error 1.5% pada $T_a = 25\text{ }^\circ\text{C}$
- Memiliki resistansi dalam 1.2 m Ω
- Tegangan sumber operasi tunggal 5.0 V
- Sensitivitas keluaran 66 sd 185 mV/A
- Tegangan keluaran proporsional terhadap arus AC ataupun DC
- Fabrikasi kalibrasi
- Tegangan *offset* keluaran yang sangat stabil
- Hysterisis akibat medan magnet mendekati nol
- Rasio keluaran sesuai tegangan sumber

2.3.6 Transformator

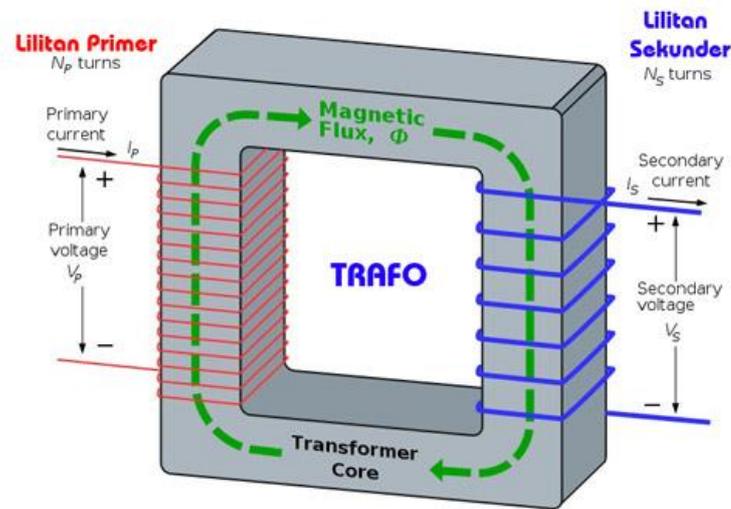
Transformator adalah suatu alat untuk mempertinggi atau memperendah suatu tegangan bolak-balik. Pada dasarnya sebuah transformator terdiri dari sebuah kumparan primer dan sebuah kumparan sekunder yang digulung pada sebuah inti besi lunak. Arus bolak-balik pada kumparan primer menimbulkan medan magnet yang berubah-ubah dalam inti besi. Medan magnet ini menginduksi GGL (Gaya

Gerak Listrik) bolak-balik dalam kumparan sekunder ^[15]. Transformator adalah komponen kelistrikan yang memiliki kegunaan untuk mengonversi tegangan tinggi AC menjadi tegangan rendah DC. Komponen utama penyusun transformator adalah kumparan kawat berisolasi (kawat email berdiameter tertentu) dan inti besi. Transformator terbagi menjadi dua bagian kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder ^[16]. Gambar 2.17 menunjukkan transformator *step down* 5 Ampere.



Gambar 2.14 Transformator *step down* ^[17]

Jika kumparan primer transformator dihubungkan ke sumber daya listrik bolak-balik, transformator akan mengalirkan arus pada kumparan primer dan menghasilkan fluks magnet yang berubah-ubah sesuai frekuensi yang masuk ke transformator. Fluks magnet yang berubah diperkuat oleh adanya inti besi ke kumparan sekunder seperti pada gambar 2.18. Sehingga pada ujung-ujung kumparan sekunder akan timbul GGL induksi. Efek induksi ini dinamakan induktansi timbal-balik (*mutual inductance*).

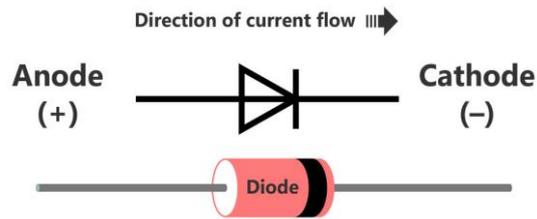


Gambar 2.15 Skema Transformator [18]

Kumparan primer transformator dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik (*AC*). Tegangan primer V_1 akan mengalirkan arus primer I_o yang berbentuk *sinusoide*. Dengan menganggap belitan N_1 reaktif murni, maka I_o akan tertinggal 90° dari V_1 . Arus primer I_o yang mengalir pada belitan N_1 akan menimbulkan fluks magnet (Φ).

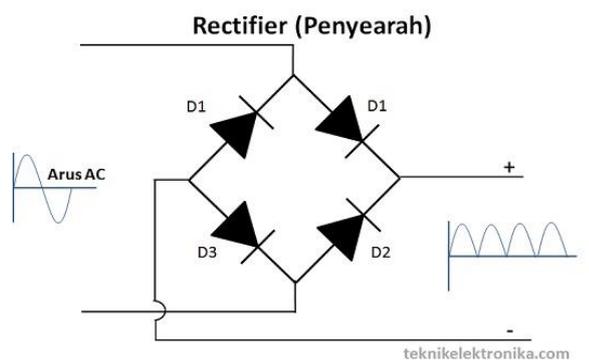
2.3.7 Rectifier

Rectifier atau penyearah merupakan suatu rangkaian dalam catu daya yang berfungsi menyearahkan tegangan *AC* dari transformator *step down* menjadi tegangan *DC*. Komponen pada rangkaian penyearah adalah dioda. Dioda merupakan komponen pertemuan (*junction*) antara semikonduktor tipe *p* dan tipe *n*



Gambar 2.16 Struktur Dioda ^[14]

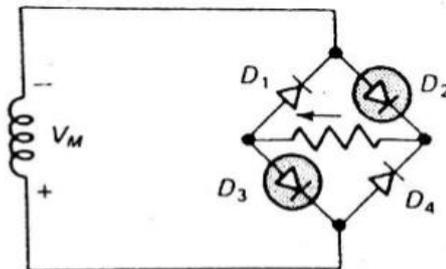
Dioda semikonduktor hanya dapat melewati arus pada satu arah saja, yaitu ketika dioda memperoleh catu arah maju (*forward bias*). Dalam kondisi ini dikatakan dioda dalam keadaan konduksi/menghantar dengan tahanan dalam yang relatif kecil. Sebaliknya jika dioda diberi *reverse bias*, maka arus akan sulit mengalir disebabkan tahanan dalam dioda yang besar. Penyearah yang digunakan terdiri dari dioda *bridge*, yaitu empat buah dioda yang dirangkai membentuk sebuah jembatan. Dioda *bridge* digunakan sebagai penyearah arus bolak-balik satu gelombang penuh, sehingga dihasilkan tegangan searah dengan lebih sedikit *noise* yang ditunjukkan Gambar 2.23



Gambar 2.17 Penyearah Gelombang (*Rectifier*) ^[14]

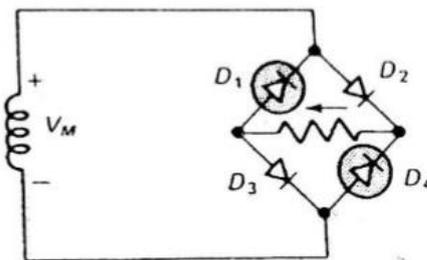
Prinsip kerja penyearah jembatan yakni selama setengah siklus positif tegangan sekunder trafo, dioda D2 dan D3 akan di *bias forward* sedangkan dioda D1 dan D4

bias reverse, oleh sebab itu arus beban ke arah kiri. Proses ini ditunjukkan dalam gambar 2.24 berikut :

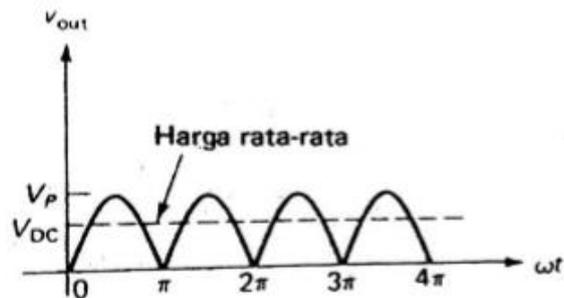


Gambar 2.18 Penyearah Jembatan Setengah Siklus Positif^[14]

Kemudian selama setengah siklus negatif, dioda D1 dan D4 akan di *bias forward*, sehingga arus beban akan ke arah kiri. Proses ini ditunjukkan dalam gambar 2.25



Gambar 2.19 Penyearah Jembatan Setengah Siklus Negatif^[14]



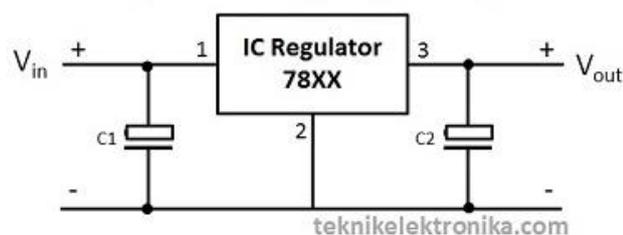
Gambar 2.20 Sinyal Gelombang Penuh^[14]

Dapat terlihat bahwa kedua siklus ini mempunyai arah arus yang sama, sehingga tegangan beban adalah sinyal gelombang penuh seperti ditunjukkan pada gambar 2.26

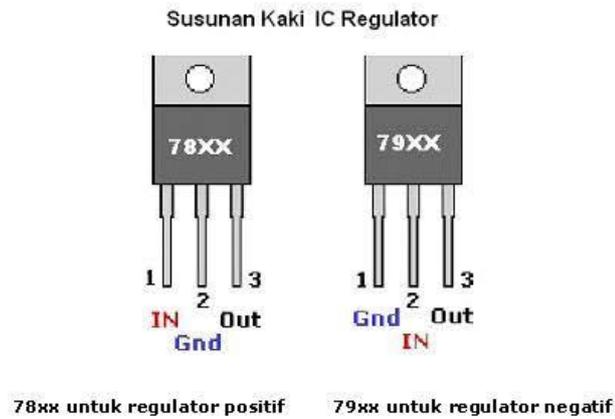
2.3.8 Voltage Regulator

Regulator Tegangan diperlukan untuk menstabilkan tegangan yang sudah disearahkan. Ketidakstabilan suatu sumber daya bisa disebabkan oleh perubahan jaringan AC dari PLN atau dipengaruhi perubahan beban. Regulator tegangan ini mampu mengatasi kedua jenis perubahan tersebut. Biasanya rangkaian regulator tegangan sudah dikemas dalam bentuk rangkaian yang terintegrasi (*IC*). Tergantung pula dari kebutuhan akan sumber daya, maka regulator tegangan dapat dibuat tetap atau dibuat bervariasi. Regulator tegangan dengan keluaran bervariasi berarti tegangan yang dihasilkan dapat diatur dengan *range* tertentu

Regulator tegangan yang sekarang banyak digunakan adalah dalam bentuk *IC*. *IC regulator* tegangan tetap memiliki seri 78XX untuk tegangan positif dan seri 79XX untuk tegangan negatif. Besar tegangan *output* IC seri 78XX dan 79XX ini dinyatakan pada dua angka terakhir serinya. Contoh *IC* 7812 adalah regulator tegangan positif dengan tegangan *output* 12 V, sedangkan *IC* 7912 adalah regulator tegangan negatif dengan tegangan *output* -12 V



Gambar 2.21 Penstabil Tegangan ^[14]



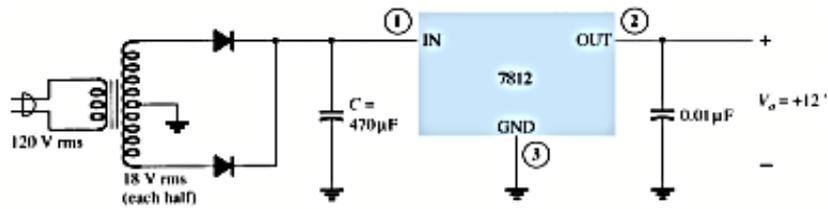
Gambar 2.22 IC Regulator 2805 dan 7905 ^[14]

Tabel 2.3 berikut ini menunjukkan beberapa tipe regulator beserta batasan tegangannya.

Tabel 2.3 Tegangan *Input* IC L7805 dan IC L7812

Tipe Regulator	Vin min	Vin maks	Vout
7805	8 V	20 V	5 V
7808	11,5 V	23 V	8 V
7812	15,5 V	27 V	12 V
7824	28 V	38 V	24 V

Batasan nilai tegangan masukan IC regulator yang terdapat dalam tabel adalah nilai DC, bukan tegangan sekunder dari trafo. Berdasarkan tabel 2.2 diatas, diambil kesimpulan bahwa nilai tegangan *output* akan tetap konstan meskipun tegangan *input* bervariasi, namun dalam *range* tertentu. Rangkaian catu daya menggunakan IC 7812 ditunjukkan dalam gambar 2.23 berikut.



Gambar 2.23 Voltage Regulator dalam Catu Daya

2.3.9 Kapasitor

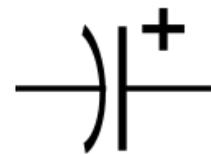
Kondensator atau sering disebut sebagai kapasitor adalah suatu alat yang dapat menyimpan energi dalam bentuk medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik. Umumnya kapasitor itu dibuat dengan dua buah lempeng logam yg bersejajar antara satu dengan lainnya, kemudian diantara dua logam tersebut ada bahan isolator yg disebut dengan dielektrik. Dielektrik adalah bahan yang dapat mempengaruhi nilai dari kapasitansi fungsi kapasitor. Adapun bahan dielektrik yang paling sering di gunakan adalah keramik, kertas, udara, metal film, gelas, vakum dan lain-lain sebagainya.

Kapasitas untuk menyimpan kemampuan kapasitor dalam muatan listrik disebut Farad (F) yang diambil dari nama penemu Michael Faraday sedangkan simbol dari kapasitor adalah C (kapasitor).

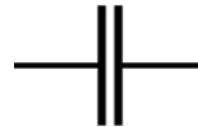


Gambar 2.24 Kapasitor [8]

Ada 2 jenis kondensator, yang pertama adalah kondensator polar/elektrolit diidentikkan mempunyai dua kaki dan dua kutub yaitu positif dan negatif serta memiliki cairan elektrolit dan biasanya berbentuk tabung. Sedangkan Kapasitor non-polar dapat dipasang secara bolak-balik pada suatu rangkaian elektronik tanpa memerhatikan kutub-kutubnya. Biasanya berbentuk tablet atau kancing.



*Lambang kondensator
Polar/Elektrolit*



*Lambang kapasitor
Non Polar*

Gambar 2.25 Lambang Kapasitor Polar dan Non Polar ^[8]

Kapasitor juga mempunyai tegangan kerja, biasanya pada rangkaian DC berkisar dari 3,3V sampai 25V.

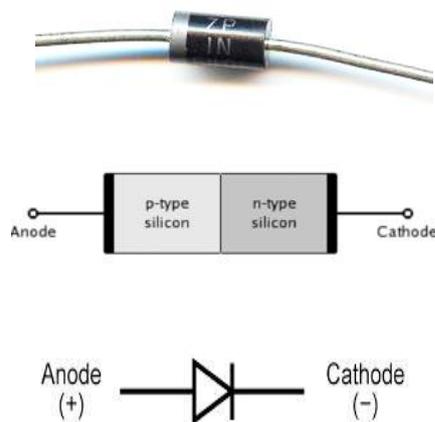
Jangan menggunakan kapasitor yang tegangan kerjanya lebih rendah dari tegangan kerja yang ditentukan. Lebih baik memilih kapasitor yang tegangan kerjanya 10 - 15 persen lebih besar dari tegangan rangkaian.

2.3.10 Dioda

Dioda adalah jenis komponen pasif. Dioda memiliki dua kaki/kutub yaitu kaki anoda dan kaki katoda . Dioda terbuat dari bahan semi konduktor tipe P dan semi konduktor tipe N yang di sambungkan. Semi konduktor tipe P berfungsi sebagai Anoda dan semi konduktor tipe N berfungsi sebagai katoda. Pada daerah sambungan 2 jenis semi konduktor yang berlawanan ini akan muncul daerah deplesi yang akan membentuk gaya barrier. Gaya barrier ini dapat ditembus dengan tegangan

+ sebesar 0.7 volt yang dinamakan sebagai break down voltage, yaitu tegangan minimum dimana dioda akan bersifat sebagai konduktor/penghantar arus listrik.

Prinsip Kerja Dioda pada umumnya adalah sebagai alat yang terbentuk dari beberapa bahan semikonduktor dengan muatan Anode (P) dan muatan Katode (N) yang biasanya terdiri dari geranium atau silikon yang digabungkan, dan muatan yang bertipe N merupakan bahan dengan kelebihan elektron, dan sebaliknya muatan bertipe P merupakan bahan dengan kekurangan elektron yang dipisahkan oleh depletion layer yang terjadi akibat keseimbangan kedua muatan tersebut, oleh karena itu dioda tersebut menghasilkan suatu hole yang berfungsi sebagai pembawa tegangan atau muatan sehingga terjadi perpindahan sekaligus pengaliran arus yang terjadi di hole tersebut.



Gambar 2.26 Dioda ^[10]

Dioda bersifat menghantarkan arus listrik hanya pada satu arah saja, yaitu jika kutub anoda di hubungkan pada tegangan + dan kutub katoda di hubungkan dengan

tegangan – (di beri bias maju dengan tegangan yang lebih besar dari 0.7 volt) maka akan mengalir arus listrik dari anoda ke katoda (bersifat konduktor).

Jika polaritasnya di balik (di beri bias mundur) maka arus yang mengalir hampir nol atau dioda akan bersifat sebagai isolator.

2.3.11 Router

Router adalah sebuah alat yang mengirimkan paket data melalui sebuah jaringan atau Internet menuju tujuannya, melalui sebuah proses yang dikenal sebagai routing. Proses routing terjadi pada lapisan 3 (Lapisan jaringan seperti *Internet Protocol*) dari *stack* protokol tujuh-lapis OSI.

Router berfungsi sebagai penghubung antar dua atau lebih jaringan untuk meneruskan data dari satu jaringan ke jaringan lainnya. *Router* berbeda dengan switch. Switch merupakan penghubung beberapa alat untuk membentuk suatu *Local Area Network (LAN)*.

Sebagai ilustrasi perbedaan fungsi dari *router* dan *switch* merupakan suatu jalanan, dan *router* merupakan penghubung antar jalan. Masing-masing rumah berada pada jalan yang memiliki alamat dalam suatu urutan tertentu. Dengan cara yang sama, switch menghubungkan berbagai macam alat, di mana masing-masing alat memiliki alamat IP sendiri pada sebuah LAN.

Router dapat digunakan untuk menghubungkan banyak jaringan kecil ke sebuah jaringan yang lebih besar, yang disebut dengan *internetwork*, atau untuk membagi sebuah jaringan besar ke dalam beberapa *subnetwork*, untuk meningkatkan kinerja dan juga mempermudah manajemennya. *Router* juga kadang digunakan untuk mengoneksikan dua buah jaringan yang menggunakan media yang

berbeda (seperti halnya *router wirelayss* yang pada umumnya selain ia dapat menghubungkan komputer dengan menggunakan radio, ia juga mendukung penghubungan komputer dengan kabel *UTP*, atau berbeda arsitektur jaringan, seperti halnya dari *Ethernet* ke *Token Ring*.

Router juga dapat digunakan untuk menghubungkan LAN ke sebuah layanan telekomunikasi seperti halnya telekomunikasi leased line atau *Digital Subscriber Line (DSL)*. *Router* yang digunakan untuk menghubungkan LAN ke sebuah koneksi *leased line* seperti T1, atau T3, sering disebut sebagai access server. Sementara itu, *router* yang digunakan untuk menghubungkan jaringan lokal ke sebuah koneksi DSL disebut juga dengan *DSL router*. Router-router jenis tersebut umumnya memiliki fungsi firewall untuk melakukan penapisan paket berdasarkan alamat sumber dan alamat tujuan paket tersebut, meski beberapa *router* tidak memilikinya. *Router* yang memiliki fitur penapisan paket disebut juga dengan *packet-filtering router*. *Router* umumnya memblokir lalu lintas data yang dipancarkan secara broadcast, sehingga dapat mencegah adanya broadcast storm yang mampu memperlambat kinerja jaringan. Router pada umumnya memiliki jarak jangkauan yang jauh dalam memancarkan wifi. Pada router TP Link TD-WR840N memiliki jarak jangkauan wifi mencapai 15-20 meter meski terhalang tembok atau dinding beton. Gambar 2.41 menunjukkan bentuk fisik *router*.



Gambar 2.27 Router

2.3.12 Mini PC

Mini PC adalah komputer yang dirancang dalam ukuran kecil dan dilengkapi teknologi ‘*legacy-free*’ terbaru serta konektivitas modern. Biasanya produsen memasarkan produk tersebut dengan istilah berbeda seperti *smart micro PC*, *thin client*, *miniature PC* atau *nettop*. *Mini PC* menggunakan perangkat yang sama layaknya *desktop PC* seperti *processor*, *motherboard*, *vga*, *power supply*, maupun *RAM*, namun memiliki *casing* yang lebih kecil seperti *casing* pada PS 3 maupun xbox 360.

Semenjak industri memasuki era PC+, produk Mini PC bukan hanya kian menjamur, tapi juga ditawarkan dengan performa tak kalah dari sepupu-sepupu desktopnya. Mini PC juga menawarkan fleksibilitas tinggi, harga yang cenderung lebih murah, dan kemudahan pemakaian, bahkan untuk para pengguna awam.



Gambar 2.28 Bentuk fisik *mini PC*

Tidak semua jenis PC termasuk dalam sistem mini PC. Untuk itu, beberapa jenis mini PC yaitu :

1. PDP- 8 : Jenis mini PC satu ini dirilis pada tahun 1965 oleh DEC (*Digital Equipment Corporation*) dengan harga yang lumayan besar pada zamannya dulu.
2. PDP-11 :Juga menjadi jenis mini PC yang dirilis pada tahun 1970 oleh DEC (*Digital Equipment Corporation*).
3. VAX (*Virtual Address Extension*) : Adalah salah satu jenis mini PC yang dikreasikan oleh DEC (*Digital Equipment Corporation*) dan dirilis pada tahun 1970an pada akhir dekadenya.
4. Xerox Star : Inilah salah satu jenis mini PC yang terkemuka dengan sistem komputer antarmuka grafis (GUI) pertama kali di dunia.
5. IBM system 370 : Sistem mini PC satu ini menjadi bentuk dasar dari [desktop komputer](#) yang ada di pasaran. sistem mini PC satu ini dikembangkan berdasarkan sistem modul yang memudahkan penggunaanya dalam menggantii

komponen–komponennya. Untuk itu, inilah pilihan mini PC yang teroperasi dengan baik untuk seluruh konsumennya.

2.3.13 Ethernet

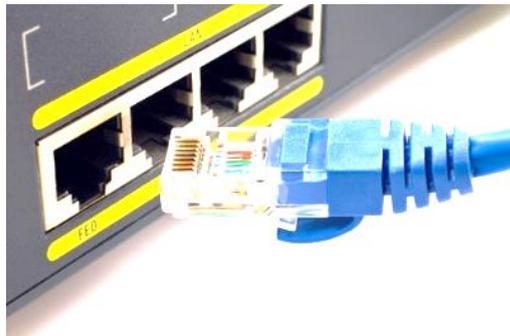
Ethernet adalah teknologi jaringan komputer berdasarkan pada kerangka jaringan area lokal (LAN). Sistem komunikasi melalui Ethernet membagi aliran data ke dalam paket individual yang disebut frame. Setiap frame berisi alamat sumber dan tujuan, serta data pengecekan kesalahan sehingga data yang rusak dapat dilacak dan dipancarkan ulang. Sesuai dengan referensi OSI, Ethernet menyediakan layanan hingga lapisan data link.

Bila dilihat dari kecepatannya, Ethernet terbagi menjadi empat jenis, yaitu:

- a) 10 Mbit / detik, yang sering disebut sebagai Ethernet saja (standar yang digunakan: 10Base2, 10Base5, 10BaseT, 10BaseF)
- b) 100 Mbit / detik, sering disebut Fast Ethernet (standar yang digunakan: 100BaseFX, 100BaseT, 100BaseT4, 100BaseTX)
- c) 1000 Mbit / detik atau 1 Gbit / detik, sering disebut sebagai Gigabit Ethernet (standar yang digunakan: 1000BaseCX, 1000BaseLX, 1000BaseSX, 1000BaseT).
- d) 10000 Mbit / detik atau 10 Gbit / detik. Standar ini belum banyak diterapkan.

Spesifikasi Ethernet mendefinisikan fungsi yang terjadi di lapisan fisik dan lapisan data-link di model referensi jaringan tujuh lapisan OSI, dan cara paket dibuat menjadi bingkai sebelum dikirim melalui kabel.

Ethernet adalah teknologi jaringan yang menggunakan metode transmisi Baseband yang mengirimkan sinyal serial 1 bit sekaligus.



Gambar 2.29 Ethernet ^[8]

Ethernet beroperasi dalam mode half-duplex, yang berarti setiap stasiun dapat menerima atau mentransmisikan data namun tidak dapat melakukan keduanya secara bersamaan. Fast Ethernet dan Gigabit Ethernet dapat bekerja dalam modus full-duplex atau half-duplex.

2.3.14 VT Scada

VTScada memberi platform intuitif untuk menciptakan aplikasi pemantauan dan kontrol industri yang sangat disesuaikan yang dapat dipercaya dan digunakan pengguna dengan mudah. Berbagai macam industri di seluruh dunia menggunakan VTScada untuk aplikasi-aplikasi penting setiap ukuran.

1. Perangkat HMI

Perangkat lunak antarmuka mesin manusia memungkinkan pengguna akhir industri untuk memantau dan mengontrol peralatan menggunakan komputer.

2. Perangkat lunak SCADA

Sistem kontrol pengawasan dan akuisisi data (SCADA) terdiri dari perangkat lunak HMI (seperti VTScada) yang menggunakan jaringan untuk berkomunikasi dengan unit telemetri jarak jauh terdistribusi (RTU).