

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.

Referensi yang diambil dari judul “Simulasi Manuver Jaringan Untuk Mengurangi Area Padam Serta Menjaga Keandalan Penyaluran Tenaga Listrik Pada Penyulang PDL 9 PT. PLN Persero ” disebutkan bahwa “Manuver atau manipulasi jaringan distribusi adalah serangkaian kegiatan membuat modifikasi terhadap operasi normal dari jaringan akibat adanya gangguan atau pekerjaan jaringan yang membutuhkan pemadaman tenaga listrik, sehingga dapat mengurangi daerah pemadaman dan agar tetap tercapai kondisi penyaluran tenaga listrik semaksimal mungkin.” (Petra, 2016:26) Pada jurnal tersebut mempunyai tujuan untuk menganalisa hasil pelimpahan beban dari penyulang Perumnas menuju ke Penyulang Cemara, Penyulang Gunung Sari, Penyulang Mataram, Penyulang Dasan Agung, Penyulang Airlangga, Penyulang Batulayar dan Penyulang Pagesangan.

Perbedaan tugas akhir yang akan dikerjakan penulis dengan referensi diatas adalah penulis mencoba untuk mencegah terjadinya *overload shedding* pada penyulang dengan cara melakukan manuver jaringan terlebih dahulu. Hal ini dilakukan selama *Load Shedding* pada penyulang tidak diperlukan, sebab jika terjadi *Load Shedding* maka satu atau lebih penyulang akan mengalami trip dan berpotensi memadamkan banyak pelanggan pada jaringan. Untuk itu agar daerah yang padam dapat dicegah maka perlu dilakukan manuver jaringan

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:

- a. Tegangan Ekstra Tinggi : 500 kV
- b. Tegangan Tinggi : 150 kV
- c. Tegangan Menengah : 20 kV
- d. Tegangan Rendah : 380 – 220 V

Penurunan tegangan dimulai dari gardu induk bertenaga besar, dimana tegangan diturunkan ke daerah sebesar 150 kV. Untuk beberapa pelanggan industri besar sudah dapat dipasok dari tegangan 150 kV ini. Penurunan tegangan selanjutnya terjadi di gardu induk distribusi primer, tegangan yang digunakan adalah sebesar 20 kV untuk tegangan 3 fasa dan 11,5 kV 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 380 V untuk 3 fasa dan 220 V untuk 1 fasa.^[6]

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 20 kV dan

tegangan rendah 220/380V. Jaringan distribusi dengan tegangan menengah 20 kV disebut jaringan distribusi primer, dimana jaringannya mempergunakan, antara lain:

1. Saluran kabel tegangan menengah (SKTM), mempergunakan kabel XLPE.
2. 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).^[8]

Sistem distribusi dibagi menjadi 2 bagian, yaitu sistem distribusi primer dan sistem distribusi sekunder. 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 20 kV. 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]

2.2.3 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:

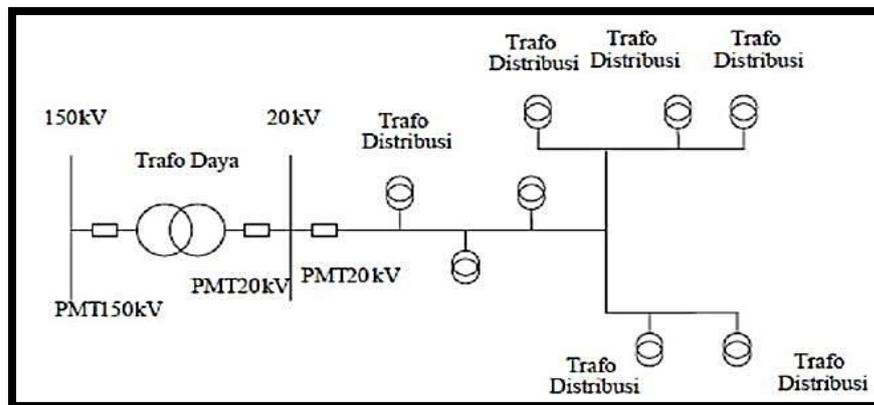
1. Jaringan Distribusi *Radial*

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*, *sectionaliser*, *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 merupakan gambar jaringan distribusi *radial*.



Gambar 2.1 Jaringan Distribusi *Radial*^[5]

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:

1) Bentuk *open loop*

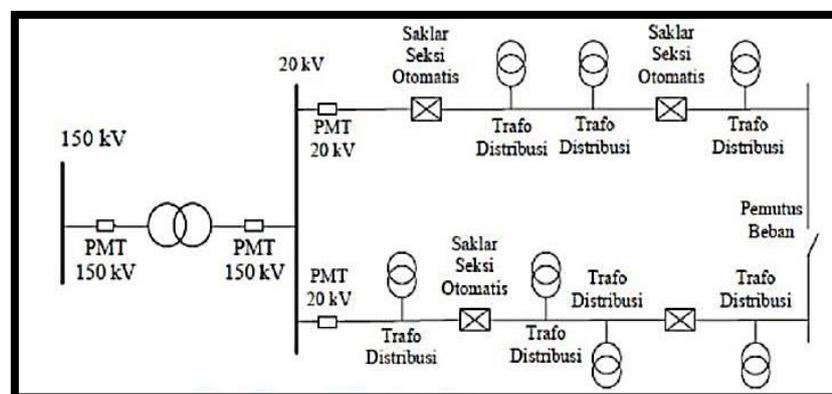
Bila dilengkapi dengan *normally-open switch*, dalam keadaan normal rangkaian selalu terbuka.

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.^[2]

Gambar 2.2 merupakan gambar jaringan distribusi *ring (loop)*.



Gambar 2.2 Jaringan Distribusi Ring (*Loop*)^[5]

3. Jaringan Distribusi Jaring-jaring (*NET*)

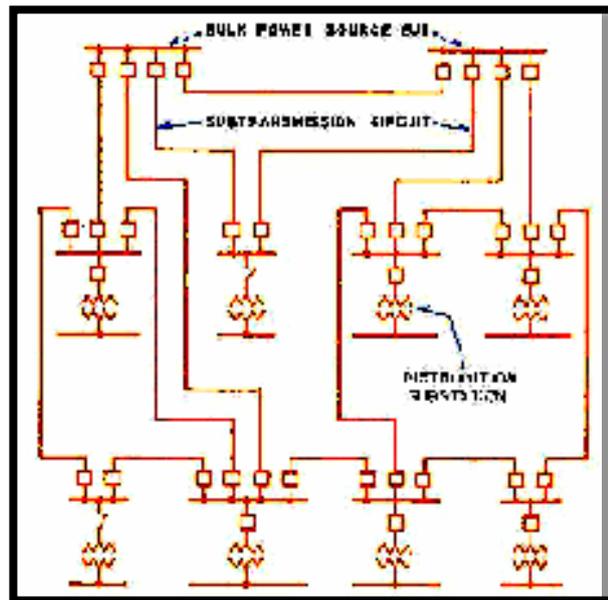
Merupakan gabungan dari beberapa saluran mesh, dimana terdapat lebih satu sumber sehingga berbentuk saluran Interkoneksi. Jaringan ini berbentuk jaring-jaring, kombinasi antara *radial* dan *loop*.

Titik beban memiliki lebih banyak alternatif saluran/penyulang, sehingga bila salah satu penyulang terganggu, dengan segera dapat digantikan oleh penyulang yang lain. Dengan demikian kontinuitas penyaluran daya sangat terjamin.

Spesifikasi Jaringan NET ini adalah sebagai berikut:

- 1) Kontinuitas penyaluran daya paling terjamin.
- 2) Kualitas tegangannya baik, rugi daya pada saluran amat kecil.
- 3) Dibanding dengan bentuk lain, paling *flexible* (luwes) dalam mengikuti pertumbuhan dan perkembangan beban.
- 4) Sebelum pelaksanaannya, memerlukan koordinasi perencanaan yang teliti dan rumit.
- 5) Memerlukan biaya investasi yang besar (mahal)
- 6) Memerlukan tenaga-tenaga terampil dalam pengoperasian nya.

Dengan spesifikasi tersebut, bentuk ini hanya layak (*feasible*) untuk melayani daerah beban yang benar-benar memerlukan tingkat keandalan dan kontinuitas yang tinggi, antara lain: instalasi militer, pusat sarana komunikasi dan perhubungan, rumah sakit, dan sebagainya. Karena bentuk ini merupakan jaringan yang menghubungkan beberapa sumber, maka bentuk jaringan *NET* atau jaring-jaring disebut juga jaringan "interkoneksi". ^[2] Gambar 2.3 merupakan gambar jaringan distribusi jaring-jaring.



Gambar 2.3 Jaringan Distribusi *Jaring-jaring*^[8]

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 yang terpasang melebihi kapasitas peralatan, sehingga saat beban melebihi pegaman tidak trip.^[6]

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 singkat, 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 isolasi atau minyak *transformator*, sehingga isolasi tembus.

Pada generator yang disebabkan adanya gangguan 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.^[6]

2. Gangguan Temporer

Salah satu contoh gangguan temporer adalah *flashover*. *Flashover* terjadi karena sambaran petir (penghantar terkena sambaran petir), *flashover* dengan pohon, penghantar tertiuip 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 karena adanya frekuensi listrik yang dapat menimbulkan frekuensi mekanis.^[6]

C. Gangguan Tegangan Lebih

Gangguan tegangan lebih yang diakibatkan adanya kelainan pada sistem, dimana tegangan lebih dibedakan atas:

1) Dengan *Power Frequency*

Tegangan lebih dengan *power frequency*, misal: pembangkit kehilangan beban yang diakibatkan adanya gangguan pada sisi jaringan, sehingga *over speed* pada generator, tegangan lebih ini dapat juga terjadi adanya gangguan pada pengatur tegangan secara otomatis (*Automatic Voltage Regulator*).^[6]

2) Dengan *Transient*

Tegangan lebih *Transient* disebabkan karena adanya surja petir yang mengenai peralatan listrik atau saat pemutus (PMT) yang menimbulkan kenaikan tegangan yang disebut surja hubung.^[6]

2.2.5 Manuver Jaringan Distribusi 20 kV

Manuver atau manipulasi jaringan distribusi adalah serangkaian kegiatan membuat modifikasi terhadap operasi normal dari jaringan akibat adanya gangguan atau pekerjaan jaringan yang membutuhkan pemadaman aliran listrik, sehingga dapat mengurangi daerah pemadaman dan agar tetap tercapai kondisi penyaluran tenaga listrik semaksimal mungkin.

Manuver juga dapat diartikan sebagai kegiatan atau pekerjaan pengalihan atau pelimpahan beban baik sebagian maupun seluruh penyulang ke penyulang lain yang

bersifat sementara dengan menutup (memasukkan) atau membuka (melepas) peralatan – peralatan penghubung / switching seperti ABSW, FCO, LBS, dan PMT.^[5]

A. Kegiatan Manuver Jaringan

Kegiatan yang dilakukan dalam manuver adalah:

- 1) Memisahkan bagian – bagian jaringan yang semula terhubung dalam keadaan bertegangan atau tidak bertegangan.
- 2) Menghubungkan bagian – bagian jaringan yang terpisah menurut keadaan operasi normalnya dalam keadaan bertegangan atau tidak bertegangan.

Dalam sebuah operasi manuver dilakukan sebuah perubahan posisi jaringan dari kondisi tidak operasi (keluar dari sistem) ke kondisi operasi (masuk kedalam sistem) atau sebaliknya. Dalam manuver terjadi pembukaan dan penutupan peralatan – peralatan penghubung / *switching* seperti ABSW, FCO, LBS, dan PMT atau bentuk kegiatan lain dalam pemutusan atau penyambungan sirkuit serta pemasangan atau pelepasan sistem pentanahan / *Grounding local*.^[1]

B. Tujuan Pelaksanaan Manuver

Secara singkat tujuan dari manuver dalam instalasi ketenagalistrikan untuk:

1. Kebutuhan sistem.
2. Keamanan / keselamatan personil.
3. Mempersempit daerah padam atau meminimalisir daerah padam.
4. Mempercepat penormalan jaringan.

C. Pelaksana Manuver Jaringan

Pelaksana manuver jaringan distribusi biasanya dilakukan dalam rangka pemeliharaan jaringan, adanya gangguan, dan guna keandalan suatu wilayah atau tempat.

Petugas yang memberikan perintah manuver jaringan distribusi 20 kV yaitu:

1. *Dispatchcer* APD
2. *Dispatcher* Area
3. *Dispatcher* Unit / Rayon
4. Pengawas Lapangan
5. Petugas pelaksana / Petugas gangguan

D. Syarat-syarat Manuver Jaringan Distribusi 20kV

Syarat – syarat yang harus dipenuhi saat melakukan manuver jaringan distribusi adalah :

1. Tegangan dan frekuensi antara kedua penyulang yang akan dimanuver harus sama, maksimal beda tegangan 0,5 kV.
2. Penyulang yang menerima pelimpahan beban harus mampu menerima beban yang akan dilimpahkan.
3. Urutan ketiga fasa antara kedua penyulang yang akan dimanuver harus sama.
4. Peralatan manuver / *switching* harus dalam keadaan baik untuk beroperasi.
5. Frekuensi antara kedua penyulang yang akan di manuver dalam keadaan sama.
6. Jaringan yang di manuver harus dalam satu subsistem yang sama, apabila berbeda subsistem akan terjadi pemadaman sesaat.

7. Apabila kedua penyulang berasal dari transformator yang berbeda tegangannya maka harus dimintakan persamaan tegangan terlebih dahulu ke pihak APD atau Area atas permintaan Rayon.
8. Penyulang yang menerima pelimpahan beban harus mampu menerima beban yang akan dilimpahkan.
9. Harus berada pada satu subsistem.
10. Kapasitas daya trafo maksimal adalah setengah dari trafo yang akan diberi *dijoin*.

2.2.6 *Overload Shedding*

Pada dasarnya *Overload Shedding* tidak hanya dipasang pada sistem transmisi, seiring dengan berkembangnya pertumbuhan beban dan dalam rangka PT.PLN (Persero) meningkatkan keandalan pada penyaluran tenaga listrik, sekarang *Overload Shedding* juga digunakan pada sistem distribusi 20 kV. Hal ini dilakukan dengan berbagai tujuan dan salah satunya adalah menghindari *Overload* pada trafo ketika beban mendekati arus nominal trafo. Ada 2 macam *overload shedding* yaitu *Manual Load Shedding* dan *Automatic Load Shedding*.^[4]

Over Load Shedding (OLS) adalah proses pelepasan beban terpilih secara sengaja dari sistem listrik dalam menanggapi kondisi abnormal dalam rangka mempertahankan integritas sisa sistem. Alat ini khusus untuk mengatasi beban lebih dan bekerja akibat kenaikan arus yang melebihi suatu batas tertentu. Hal ini dilakukan agar OLS bekerja lebih dahulu daripada pengaman hubung singkat pada saat terjadi gangguan beban lebih. Oleh sebab itu setting OLS harus dikoordinasikan dengan setting OCR yang mengatasi gangguan hubung singkat.^[4]

Tujuan dipasangnya skema *Overload Shedding* adalah sebagai berikut:

1. Mengamankan peralatan dari beban lebih.
2. Menyelamatkan sebagian beban dari efek pemadaman yang lebih besar.

Penerapan pola pelepasan beban dengan OLS harus memperhatikan beberapa pertimbangan sebagai berikut :

1. Pertimbangan Teknis
 - a) Kemampuan peralatan terkecil
 - b) Koordinasi Setting dengan proteksi lain

Dimana untuk perkembangannya selalu dimonitor sesuai kebutuhan dan keperluan yang sifatnya sangat dinamis serta mengikuti perkembangan sejalan dengan kebijakan dalam pengaturan operasi sistem.

2. Pertimbangan Non Teknis

Overload Shedding adalah skema yang mengharuskan sistem untuk memadamkan sebagian konsumen. Prinsip kerja *Overload Shedding* biasanya mempunyai settingan waktu pelepasan beban bertahap. Tahapan waktu ini berfungsi sebagai parameter kebutuhan pembuangan beban sesuai dengan kondisi kelebihan beban dari peralatan itu sendiri dan beban yang dibuang dapat berupa beban transformator maupun penghantar.^[4]

Ada beberapa mekanisme pelepasan beban oleh *Overload Shedding*, yaitu :

1. Pemadaman beban lokal
2. Pemadaman beban *remote* yaitu pelepasan beban pada GI lain dengan fasilitas Teleproteksi melalui media PLC atau FO. Pelepasan beban secara otomatis direncanakan khusus untuk mengatasi kondisi sistem yang kritis.

Yang menjadi masalah pokok dalam merencanakan pelepasan beban suatu sistem tenaga listrik, adalah :

1. Jumlah tingkat pelepasan beban
2. Besar beban yang dilepas pada setiap tingkat
3. Setting arus setiap tingkat
4. Kelambatan waktu pada setiap tingkat pelepasan

Pelepasan beban dilakukan secara bertahap agar sistem tidak mengalami pelepasan beban yang terlalu besar atau melakukan pelepasan beban yang tidak diperlukan. Pelepasan beban ditentukan oleh besarnya kelebihan beban, hal ini dapat diartikan bahwa semakin besar kelebihan beban semakin banyak jumlah tingkat pelepasan. *Overload Shedding* (OLS) yang bekerja atas dasar arus, diset pada suatu harga setting arus dibawah arus nominalnya (I_n) dan kemudian akan memberikan perintah pemutus daya (PMT) untuk melaksanakan pelepasan.

2.2.7 Konsep Manuver Untuk Mengatasi Gangguan

Gangguan yang terjadi pada sistem distribusi 20 kV bukan hanya gangguan yang terjadi karena hubung singkat, namun gangguan yang terjadi bisa saja disebabkan oleh beban yang berlebih. Dengan adanya beban berlebih ini maka dapat merusak peralatan yang dipakai pada jaringan 20 kV, hal ini jika dibiarkan akan menyebabkan peralatan yang dipaloi akan menjadi cepat rusak dan tidak dapat dipakai kembali. Untuk mengatasi gangguan yang diakibatkan oleh beban berlebih maka GFR dan OCR tidak bisa mendekteksi, oleh karena itu diberi peralatan yang mampu mendeteksi beban yang akan melebihi kapasitas pada trafo 150/20 kV. Ketika beban mendekati setting dari kapasitas trafo yang ada maka beban akan dilimpahkan menuju penyulang lain dengan cara

dilakukannya manuver jaringan. Sehingga nantinya tidak terjadi *trip* pada satu penyulang yang ada. Jika beban yang naik melebihi *setting* trafo maka secara otomatis beban satu penyulang akan dipadamkan untuk menghindari beban yang berlebih pada trafo yang dipakai. Hal ini jelas menimbulkan kerugian disisi konsumen apabila satu penyulang padam, oleh karena itu diperlukanya manuver jaringan agar beban trafo tidak melebihi *setting* dan terhindari dari pemadaman beban.

2.2.8 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.^[3]

Gambar 2.4 merupakan gambar arduino mega 2560.



Gambar 2.4 Arduino Mega 2560^[3]

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).

<i>Microcontroller</i>	ATmega2560
<i>Operating Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage</i> (<i>recommended</i>)	7-12V
<i>Input Voltage (limit)</i>	6-20V
<i>Digital I/O Pins</i>	54 (<i>of which 15 provide PWM output</i>)
<i>Analog Input Pins</i>	16

<i>DC Current per I/O Pin</i>	20 Ma
<i>DC Current for 3.3V Pin</i>	50 Ma
<i>Flash Memory</i>	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
<i>Clock Speed</i>	16 MHz
LED_BUILTIN	13
<i>Length</i>	101.52 mm
<i>Width</i>	53.3 mm
<i>Weight</i>	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 positif-tengah 2.1mm 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.

^[3]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.^[3]

2.2.9 Ethernet Shield

Guna menghubungkan VT Scada dengan alat simulator , maka membutuhkan *Ethernet Shield* agar dapat menampilkan arus dan tegangan bahkan kontrol secara *remote* untuk mematikan atau menyalakan relai.

Ethernet Shield adalah modul yang digunakan untuk mengkoneksikan Arduino dengan internet menggunakan kabel (*Wired*). *Arduino Ethernet Shield* dibuat berdasarkan

pada Wiznet W5100 *ethernet chip*. Wiznet W5100 menyediakan IP untuk TCP dan UDP, yang mendukung hingga 4 socket secara simultan. Untuk menggunakannya dibutuhkan library *Ethernet* dan *SPI*. Dan *Ethernet Shield* ini menggunakan kabel RJ-45 untuk *mengkoneksikanya ke Internet, dengan integrated line transformer dan juga Power over Ethernet*.^[9]

Ethernet Shield bekerja dengan cara memberikan layanan IP pada arduino dan *PC* agar dapat terhubung ke internet. Cara menggunakan cukup mudah yaitu hanya dengan menghubungkan Arduino *Ethernet Shield* dengan board Arduino lalu akan disambungkan ke jaringan internet. Cukup memasukkan module ini ke board Arduino, lalu menghubungkannya ke jaringan internet dengan kabel RJ-45, maka Arduino akan terkoneksi langsung ke internet. Dan untuk menggunakannya, tentu saja kita harus menyetting IP pada module dan pc internet agar dapat terhubung satu sama lain.^[9]

Selain itu modul ini juga terdapat sebuah *onboard micro-SD slot*, yang dapat digunakan untuk menyimpan file dan data. *Module Ethernet Shield* bisa digunakan dengan board Arduino Uno dan Mega. Dan dapat bekerja dengan baik pada kedua Arduino tersebut. Untuk menggunakan akses microSD card reader onboard ini dapat dengan menggunakan *library SD card*. Saat menggunakan *library* ini, *SS* ditempatkan pada Pin 4. Module Ethernet juga terdapat pula *reset controller*, untuk memastikan bahwa *module W5100 Ethernet* dapat *reset*.^[9]

Agar board Arduino dapat berkomunikasi baik dengan module W5100 dan SD card menggunakan *SPI bus* melalui *ICSP header*, yang ada pada board Arduino Uno di pin digital 10, 11, 12, dan 13, sedangkan pada board Arduino Mega pada pin digital 50, 51, dan 52. Di kedua board Arduino tersebut, pin digital 10 digunakan untuk memilih

mode W5100 dan pin digital 4 untuk SD card, dimana pin tersebut tidak dapat digunakan untuk pin I/O biasa. Dalam board Arduino Mega, pin *digital 53 (SS)* tidak digunakan sama sekali, baik untuk memilih antara *module W5100* atau *SD card*, namun harus tetap ditetapkan sebagai output agar *interface SPI* dapat bekerja dengan baik.^[9]

Gambar 2.5 merupakan gambar *Ethernet Shield*.



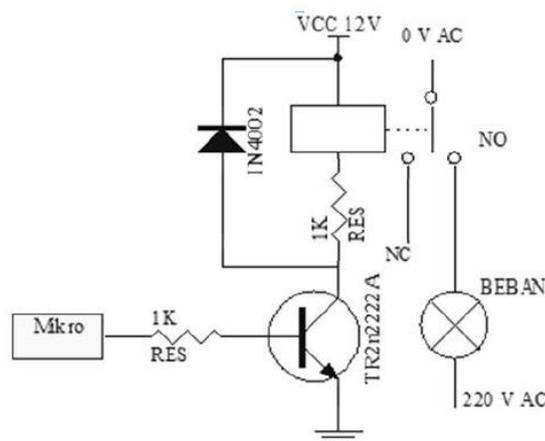
Gambar 2.5 *Ethernet Shield*^[9]

2.2.10 Driver Relay

Driver relay adalah rangkaian elektronika yang biasanya digunakan untuk mengendalikan serta pengoperasian sesuatu dari jarak jauh atau semacam *remote*. Tentunya rangkaian ini bisa mempermudah dan juga memperlancar pekerjaan yang memang kadang membutuhkan rangkaian dari *relay* ini. Dengan menggunakan rangkaian *relay* tersebut, anda bisa melakukan kontrol dan juga mengoperasikan perangkat elektronik yang anda miliki dari jarak jauh dan tentu saja anda tidak perlu bergeser serta berpindah tempat duduk^[9]

Komponen inti dari *driver relay* adalah transistor. Cara yang termudah untuk menggunakan sebuah transistor adalah sebagai sebuah *switch* artinya bahwa kita mengoperasikan transistor pada salah satu dari saturasi atau titik sumbat, tetapi tidak di

tempat-tempat sepanjang garis beban. Jika sebuah transistor berada dalam keadaan saturasi, transistor tersebut seperti sebuah *switch* yang tertutup dari kolektor emiter. Jika transistor tersumbat (*cutoff*), transistor seperti sebuah *switch* yang terbuka. Gambar 2.6 merupakan gambar rangkaian *driver* relay.



Gambar 2.6 Rangkaian *Driver Relay*^[9]

Rangkaian *driver* relay merupakan rangkaian *switching* transistor yang digerakkan oleh tegangan *step* yang berasal dari *power supply*. Jika tegangan *input* (dari mikrokontroler) nol, transistor tersumbat (*cutoff*). Dalam hal ini, transistor kelihatannya seperti sebuah *switch* yang terbuka. Dengan tidak adanya arus yang melalui tahanan kolektor, maka tegangan output sama dengan +12 V.

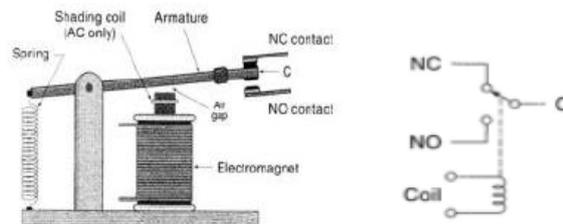
Jadi, transistor disini hanya berfungsi sebagai saklar dan diambil dari kolektor transistor. Ketika dalam keadaan *inputan* Arduino saturasi maka basis akan mendapatkan *inputan* yang membuat kolektor terhubung ke emiter dan kontak *relay* akan bekerta.

Pada rangkaian *driver relay* diatas tidak menggunakan IC ULN 2803. Untuk penjelasan *driver relay* yang sudah menggunakan IC ULN 2803 dapat dilihat pada pembahasan di bab berikutnya dimana terdapat foto rangkaian IC ULN 2803.

2.2.11 Relay 12 VDC

Relai berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran listrik yang dikontrol dengan memberikan tegangan dan arus tertentu pada *coil*nya. 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.^[9]

Gambar 2.7 merupakan bagian-bagian *relay* dan Simbolnya.

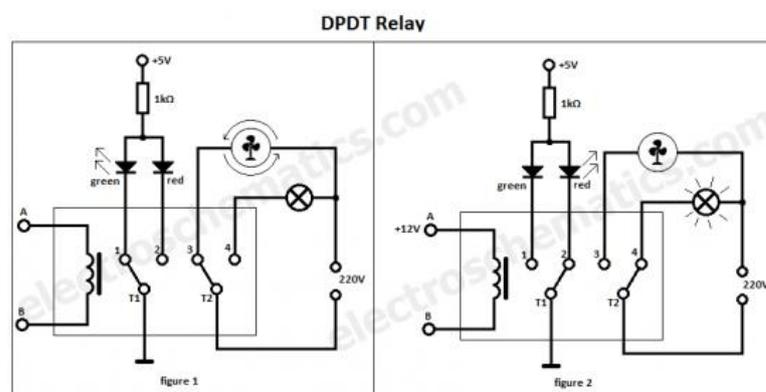


Gambar 2.7 Bagian-bagian *Relay* dan Simbolnya^[9]

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 2.8 merupakan *relay DPDT Menggerakkan 2 beban*.



Gambar 2.8 Relay DPDT Menggerakkan 2 beban

2.2.12 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. ^[9]

A. Rangkaian Penyearah

Peralatan kecil portabel kebanyakan menggunakan baterai sebagai sumber dayanya, namun sebagian besar peralatan menggunakan sumber daya AC 220 volt – 50 Hz. Didalam peralatan tersebut terdapat rangkaian yang sering disebut sebagai adaptor atau penyearah yang mengubah sumber AC menjadi Di Bagian terpenting dari adaptor adalah berfungsinya dioda sebagai penyearah (*rectifier*). Pada bagian ini dipelajari bagaimana rangkaian dasar adaptor tersebut bekerja.

Penyearah gelombang (*rectifier*) adalah bagian dari *power supply* / catu daya yang berfungsi untuk mengubah sinyal tegangan AC (*Alternating Current*) menjadi tegangan DC (*Direct Current*). Komponen utama dalam penyearah gelombang adalah dioda yang dikonfigurasikan secara *forward* bias. Dalam sebuah *power supply* tegangan rendah, sebelum tegangan AC tersebut di ubah menjadi tegangan DC maka tegangan AC tersebut perlu di turunkan menggunakan transformator *stepdown*. Ada 3 bagian utama dalam penyearah gelombang pada suatu *power supply* yaitu, penyearah gelombang / *rectifier* (dioda), penurun tegangan (*transformer*), dan filter (kapasitor).

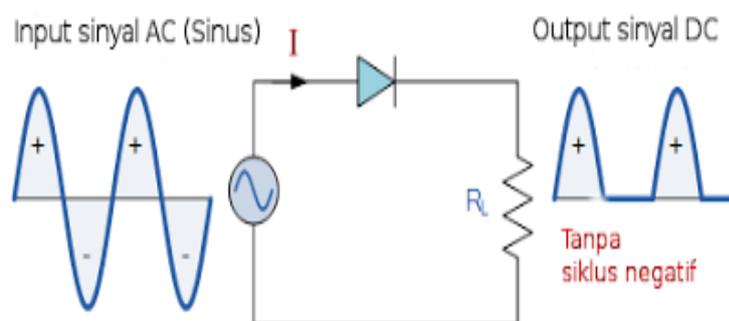
Pada dasarnya konsep penyearah gelombang dibagi dalam 2 jenis yaitu, Penyearah setengah gelombang dan penyearah gelombang penuh. Namun selain dua konsep penyearah tersebut, terdapat pula rangkaian penyearah dengan filter untuk menyaring arus yang masuk pada rangkaian.

1) Penyearah Setengah Gelombang

Penyearah setengah gelombang (*half wave rectifier*) adalah sistem penyearah yang menggunakan satu blok dioda tunggal (bisa satu dioda atau banyak dioda yang diparalel) untuk mengubah tegangan dengan arus bolak-balik (AC) menjadi tegangan

dengan arus searah (DC). sinyal. Prinsip kerja penyearah setengah gelombang memanfaatkan karakteristik dioda yang hanya bisa dilalui arus satu arah saja. Disebut penyearah setengah gelombang karena penyearah ini hanya melewatkan siklus positif dari sinyal AC.

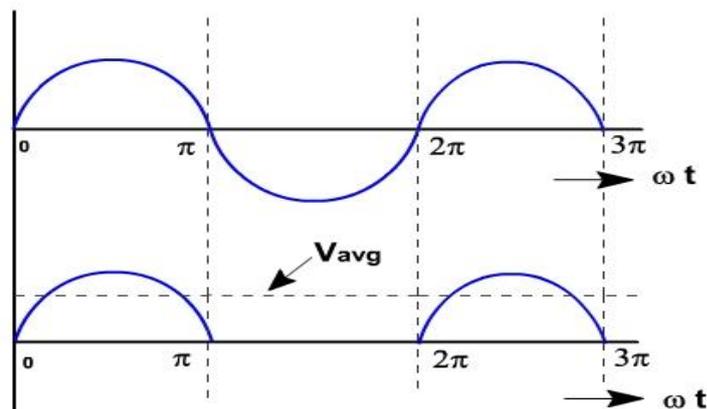
Rangkaian penyearah setengah gelombang banyak dipakai pada *power supply* dengan frekuensi tinggi seperti pada *power supply* SMPS dan keluaran transformator *Flyback* Televisi. Sistem penyearah setengah gelombang kurang baik diaplikasikan pada frekuensi rendah seperti jala-jala listrik rumah tangga dengan frekuensi 50Hz karena membuang satu siklus sinyal AC dan mempunyai riak (*rippe*) yang besar pada keluaran tegangan DC-nya sehingga membutuhkan kapasitor yang besar. Gambar 2.9 merupakan rangkaian penyearah setengah gelombang.



Gambar 2.9 Rangkaian Penyearah Setengah Gelombang

Penyearah setengah gelombang (*half wave rectifier*) hanya menggunakan 1 buah dioda sebagai komponen utama dalam menyearahkan gelombang AC. Prinsip kerja dari penyearah setengah gelombang ini adalah mengambil sisi sinyal positif dari gelombang AC dari transformator. Pada saat transformator memberikan *output* sisi positif dari gelombang AC maka dioda dalam keadaan forward bias sehingga sisi positif dari gelombang AC tersebut dilewatkan dan pada saat transformator memberikan sinyal sisi

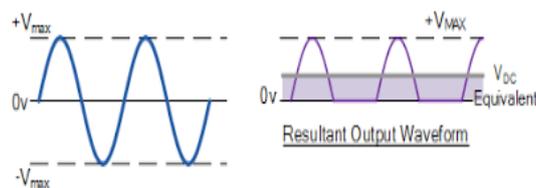
negatif gelombang AC maka dioda dalam posisi *reverse* bias, sehingga sinyal sisi negatif tegangan AC tersebut ditahan atau tidak dilewatkan. Gambar 2.10 merupakan output penyearah setengah gelombang.



Gambar 2.10 Output Penyearah Setengah Gelombang

Bentuk *input* saat sebelum masuk kedalam penyearah dan gambar kedua tersebut adalah hasil dimana *output* sudah melewati dioda. Digambar terlihat sangat jelas perbedaan antara *input* dan *output* yang terjadi.

Tegangan DC keluaran dari penyearah setengah gelombang mengacu pada kondisi saat fasa *on* dan *off* pada gelombang *output*. Pada saat fase positif, dioda menghantar sehingga tegangan keluaran saat itu sama dengan V_{max} dari sinyal *input*. Kemudian saat fase negatif, dioda tidak menghantar sehingga tegangan keluaran pada fase ini sama dengan nol. Gambar 2.11 merupakan output penyearah setengah gelombang 2



Gambar 2.11 Output Penyearah Setengah Gelombang 2

Berdasarkan kondisi diatas maka dapat dijelaskan bahwa besarnya tegangan *output* dari penyearah setengah gelombang berada pada V_{max} sedangkan V_{dc} berada pada sisi tengah. Dimana besarnya V_{max} adalah tegangan puncak (*V-peak*) dari salah satu siklus sinyal AC.

Rangkaian penyearah setengah gelombang ini memiliki kelemahan pada kualitas arus DC yang dihasilkan. Maka dari itu dalam peralatan yang dipakai oleh penulis menggunakan catu daya dengan penyearah gelombang penuh, yang diharapkan tegangan yang dihasilkan dapat keluar dengan maksimal.

Oleh sebab itu rangkaian penyearah setengah gelombang lebih sering digunakan sebagai rangkaian yang berfungsi untuk menurunkan daya pada suatu rangkaian elektronika sederhana dan digunakan juga sebagai demodulator pada radio penerima AM.

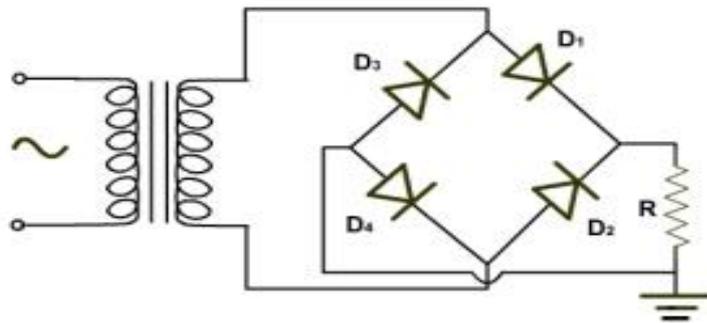
Penyearah setengah gelombang memiliki kelebihan dari segi rangkaian yang sangat simpel dan sederhana. Karena menggunakan satu dioda maka biaya yang dibutuhkan untuk rangkain lebih murah.

Kelemahan dari penyearah setengah gelombang adalah keluarannya memiliki riak (*rippe*) yang sangat besar sehingga tidak halus dan membutuhkan kapasitor besar pada aplikasi frekuensi rendah seperti listrik PLN 50Hz. Kelemahan ini tidak berlaku pada aplikasi *power supply* frekuensi tinggi seperti pada rangkaian SMPS yang mempunyai *duty cycle* diatas 90%.

Kelemahan penyearah setengah gelombang lainnnya adalah kurang baik karena hanya mengambil satu siklus sinyal saja. Artinya siklus yang lain tidak diambil alias dibuang. Ini mengakibatkan keluaran dari penyearah setengah gelombang memiliki daya yang lebih kecil.

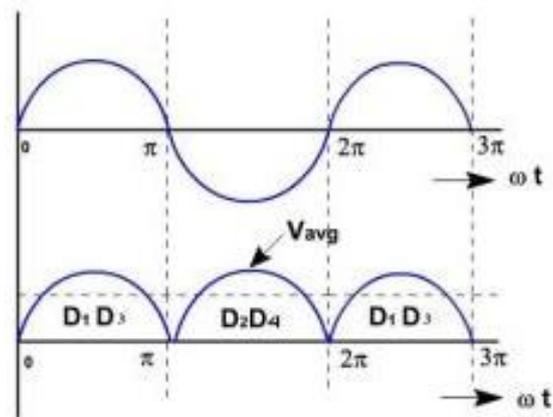
2) Penyearah Gelombang Penuh 4 Dioda

Penyearah Gelombang Penuh (*Full wave Rectifier*) Penyearah gelombang penuh dapat dibuat dengan 2 macam yaitu, menggunakan 4 dioda dan 2 dioda. Gambar 2.12 merupakan rangkaian penyearah gelombang penuh 4 dioda.



Gambar 2.12 Rangkaian Pemyearah Gelombang Penuh 4 Dioda

Prinsip kerja dari penyearah gelombang penuh dengan 4 dioda diatas dimulai pada saat *output transformer* memberikan level tegangan sisi positif, maka D1, D4 pada posisi *forward bias* dan D2, D3 pada posisi *reverse bias* sehingga level tegangan sisi puncak positif tersebut akan di lewatkan melalui D1 ke D4. Kemudian pada saat *output transformer* memberikan level tegangan sisi puncak negatif maka D2, D4 pada posisi *forward bias* dan D1, D2 pada posisi *reverse bias* sehingga level tegangan sisi negatif tersebut dialirkan melalui D2, D4. Gambar 2.13 merupakan output penyearah gelombang penuh.



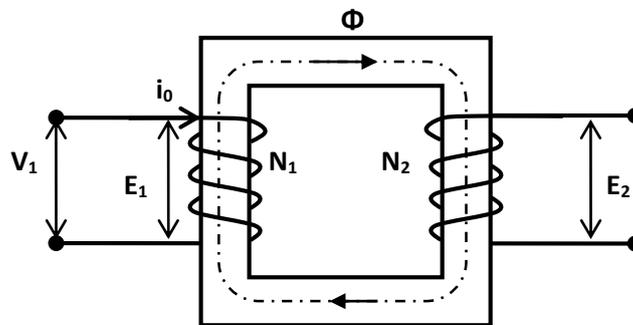
Gambar 2.13 Output Penyearah Gelombang Penuh

2.2.13 Transformator

Transformator atau sering disingkat dengan istilah trafo adalah suatu alat listrik yang dapat mengubah taraf suatu tegangan AC ke taraf yang lain. *Transformator* atau Trafo ini bekerja berdasarkan prinsip Induksi Elektromagnet dan hanya dapat bekerja pada tegangan yang berarus bolak balik (AC).

Pada trafo, terdapat dua hukum utama yang bekerja, yaitu: hukum induksi *Faraday* dan hukum *Lorentz*. Hukum *Faraday* menyatakan bahwa gaya listrik yang melalui garis lengkung tertutup berbanding lurus dengan perubahan arus induksi persatuan waktu pada garis lengkung tersebut, sehingga apabila ada suatu arus yang melalui sebuah kumparan maka akan timbul medan magnet pada kumparan tersebut. Sedangkan hukum *Lorentz* menjelaskan bahwa arus bolak-balik (AC) yang beredar mengelilingi inti besi mengakibatkan inti besi tersebut berubah menjadi magnet, apabila magnet tersebut dikelilingi oleh suatu lilitan maka lilitan tersebut akan memiliki perbedaan tegangan pada kedua ujung lilitannya.^[8]

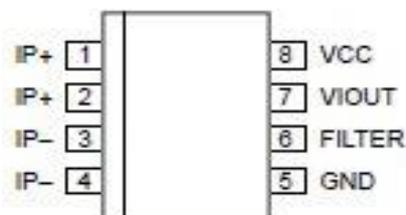
Jika kumparan primer *transformator* dihubungkan ke sumber daya listrik bolak-balik, *transformator* akan mengalirkan arus pada kumparan primer dan menghasilkan fluks magnet yang berubah-ubah sesuai frekuensi yang masuk ke *transformator*. Fluks magnet yang berubah diperkuat oleh adanya inti besi ke kumparan sekunder seperti pada gambar 2.14. Sehingga pada ujung-ujung kumparan sekunder akan timbul GGL induksi. Efek induksi ini dinamakan induktansi timbal-balik (*mutual inductance*). Gambar 2.14 skema *transformator*.



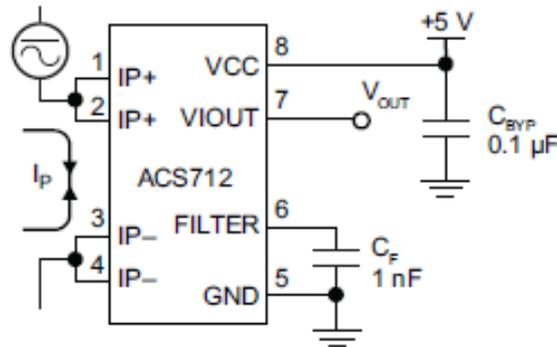
Gambar 2.14 Skema *Transformator*^[22]

2.2.14 Sensor Arus ACS712

ACS712 merupakan seri sensor arus yang bekerja berdasarkan efek medan (*Hall Effect*). Besar medan magnet yang muncul akan dideteksi lalu diproses menjadi tegangan, tegangan yang dihasilkan sensor adalah tegangan DC dan langsung disambungkan ke arduino. Gambar 2.16 merupakan gambar konfigurasi PIN ACS712 dan gambar 2.16 *typical application* ACS712.



Gambar 2.15 Konfigurasi PIN ACS712



Gambar 2.16 Typical Application ACS712

Spesifikasi sensor arus ACS712 :

- a. Rendah *noise* jalur sinyal *analog*
- b. *Bandwith* perangkatkan diatur melalui pin FILTER
- c. 5 mikrodetik *output* dalam menanggapi langkah masukan
- d. *Bandwith* 80 kHz
- e. Total eror saat *output* 1,5% pada $T_a=25^{\circ}\text{C}$
- f. Resistansi dalam konduktor 1,2 miliOhm
- g. Tegangan isolasi minimum 2,1 kVRMS dari pin 1-4 ke pin 5-8
- h. Tegangan *input* 5 V
- i. Sensitivitas *output* 66 sampai 185 mV/A. Artinya setiap sensor merasakan kenaikan tegangan 185 mV/A, maka mengindikasikan arus 1 A.
- j. Tegangan output sebanding dengan arus AC maupun DC yang masuk
- k. Keluaran tegangan *offset* sangat stabil
- l. Histerisis magnetik hampir nol

Layaknya amperemeter pada umumnya, sensor ACS712 juga dipasang secara seri dengan beban. Sensor ini bisa digunakan untuk mengukur arus AC maupun DC. Terdapat

keadaan dimana saat tidak ada arus yang melewati ACS712, maka keluaran sensor adalah $(0,5 \times V_{cc})$ sebesar 2,5 V. Dan saat arus mengalir dari IP+ ke IP-, maka keluaran akan $>2,5$ V. Sedangkan ketika arus listrik mengalir terbalik dari IP- ke IP+, maka keluaran akan $<2,5$ V.

Aliran arus listrik phase pada beban dilewatkan ke kaki 1, 2 dan kaki 3, 4 tersambung langsung pada beban, arus yang melewati beban akan menciptakan medan magnet (*hall effect*). Besaran medan magnet itulah yang kemudian menginduksi bagian *dynamic offset cancellation* dan setelah itu sinyal tegangan akan dikuatkan dan disaring oleh *amplifier* dan *filter* pada ACS712 sebelum dikeluarkan melalui *V out* pada kaki 7.

Berikut tabel fungsi pin :

Tabel 2-1 Fungsi Pin ACS 712

Pin Sensor	Fungsi
IP +	Terminal yang mendeteksi arus
IP -	Terminal yang mendeteksi arus
GND	Terminal sinyal <i>ground</i>
<i>FILTER</i>	Terminal untuk kapasitor
<i>Vout</i>	<i>Output</i> sinyal <i>analog</i>
<i>Vcc</i>	Terminal sebagai sumber tegangan sensor

2.2.13 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. Dengan adanya VTScada ini sangat membantu untuk menampilkan arus dan tegangan di layar HMI dengan demikian dapat diketahui besaran arus dan tegangan melalui VTScada. Dan ada juga fitur yang ditawarkan oleh VTScada yaitu bisa melakukan remote dengan menggunakan HMI sehingga cukup menekan tombol yang ada pada layar HMI maka dapat membuka atau menutup relay.

VTScada merupakan *software* SCADA yang diproduksi oleh *Trihedral Engineering* yang memiliki awalnya bernama WEB. WEB sistem operasi yang berbasis HMI memiliki bahasa *scripting* untuk *tags*, *page*, dan yang berhubungan dengan SCADA dibuat melalui penulisan kode. Kemudian pada tahun 1995, WEB berganti nama menjadi VTS (Visual Tag System) karena program tersebut mengalami perkembangan dalam hal GUI (*Graphic User Interface*) yang membuat lebih mudah dalam penggunaan aplikasi SCADA. Pada tahun 2001, nama VTScada ditambahkan untuk aplikasi SCADA dalam hal pengolahan air dan limbah. VTScada didesain secara detail dalam komunikasi sistem telemetri, dan juga mengalami penambahan fitur yang lebih bermanfaat. Pada awal tahun 2014, Trihedral Engineering mengeluarkan versi 11, dan produk VTS dan VTScada digabung menjadi satu produk yang sekarang dikenal dengan nama VTScada. ^[10]

Untuk menginstal *software* VTScada diperlukan hardware PC (*Personal Computer*) yang memiliki spesifikasi berikut :

VTScada 11.2 digunakan sebagai *server* dari *workstation* :

- 1) 32 atau 64-bit sistem operasi *Windows*
- 2) 2 Ghz prosesor *dual-core*
- 3) Membutuhkan penyimpanan *file* 20 GB
- 4) Memliki RAM 8 GB atau lebih

Sedangkan untuk laptop, tablet PC, dan panel PC bukan sebagai server dari *workstation*^[21] :

- 1) 32 atau 64-bit sistem operasi *Windows*
- 2) 2 Ghz prosesor *dual-core*
- 3) Membutuhkan penyimpanan *file* 20 GB
- 4) Memliki RAM 4 GB atau lebih

Dalam menggunakan *software* VTScada terdapat komponen komponen yang biasa digunakan yaitu :

- 1) VTScada Application Manager

Pada gambar 2.54, terdapat tampilan VAM atau VTScada *Application Manager* merupakan halaman pertama yang akan tampil pada saat membuka *software* VTScada.

Gambar 2.17 merupakan gambar tampilan VTScada *Application Manager*.



Gambar 2.17 Tampilan VTScada *Application Manager* ^[10]