

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Penulisan laporan tugas akhir ini juga menggunakan beberapa referensi dari beberapa jurnal dan karya tulis lain mengenai sistem manuver jaringan distribusi sebelumnya yang sudah ada, tetapi dalam penyusunan dan perancangannya sendiri menggunakan konsep yang berbeda, walaupun terdapat kemiripan dan kesamaan dalam perihal tujuan, maksud, dan pengaplikasiannya. Pada Tugas Akhir berjudul Proses Manuver Jaringan Distribusi dengan Pelimpahan Beban Penyulang Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 kV Berbasis Arduino Mega 2560^[1] menjelaskan tentang proses pelimpahan beban penyulang jaringan tegangan menengah dengan menggunakan Arduino Mega 2560. Manuver jaringan adalah kegiatan membuat modifikasi terhadap operasi normal dari jaringan akibat adanya gangguan/pekerjaan jaringan sehingga tetap tercapainya kondisi penyaluran tenaga listrik yang maksimal dan dapat menekan angka *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI) dan *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI)^[2]. Selain itu pada Tugas Akhir yang berjudul Simulasi Manuver Jaringan Untuk Mengurangi Area Padam Serta Menjaga Keandalan Penyaluran Tenaga Listrik Pada Penyulang PDL 9 PT. PLN PERSERO^[3] yang menjelaskan tentang simulasi manuver jaringan untuk mengurangi daerah padam dengan menggunakan software ETAP.

Perbedaan laporan tugas akhir yang dibuat penyusun dengan referensi - referensi di atas adalah penulis akan membuat suatu sistem koordinasi antar penyulang untuk proses pelimpahan beban atau manuver sehingga proses tersebut dapat berlangsung dengan cepat. Alat ini dapat mempresentasikan suatu sistem koordinasi pelimpahan beban dalam bentuk *prototype* yang dapat dikendalikan melalui SCADA dengan berbasis Arduino Mega 2560 .

2.2. 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. (Sarimun, 2014:15) Sistem distribusi tenaga listrik di Indonesia biasa disebut sistem distribusi, merupakan satu dari tiga bagian utama sistem tenaga listrik secara keseluruhan yaitu :

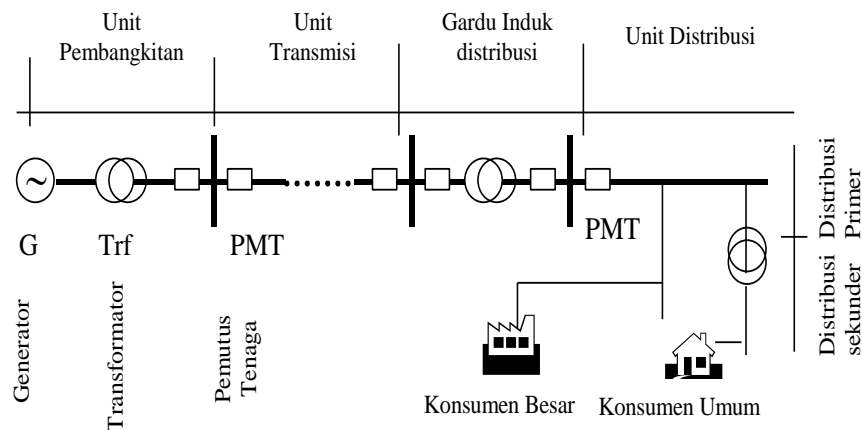
- a. Pembangkit Tenaga Listrik
- b. Transmisi Tenaga Listrik
- c. Distribusi Tenaga Listrik

2.3. Sistem Distribusi

Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*Bulk Power Source*) sampai ke konsumen. Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan dan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan

pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

Unit distribusi tenaga listrik merupakan salah satu bagian dari suatu sistem tenaga listrik yang terdiri dari unit pembangkit, unit penyaluran / transmisi dan unit distribusi yang dimulai dari PMT incoming di Gardu Induk sampai dengan Alat Penghitung dan Pembatas (APP) di instalasi konsumen. Gambar 2.1 menunjukkan instalasi sistem tenaga listrik.



Gambar 2.1 Instalasi Sistem Tenaga Listrik^[5]

2.4. Pembagian Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi adalah kumpulan dari interkoneksi bagian bagian rangkaian listrik dari sumber daya (transformator daya pada GI distribusi) yang besar sampai saklar saklar pelayanan pelanggan. Secara garis besar jaringan distribusi dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

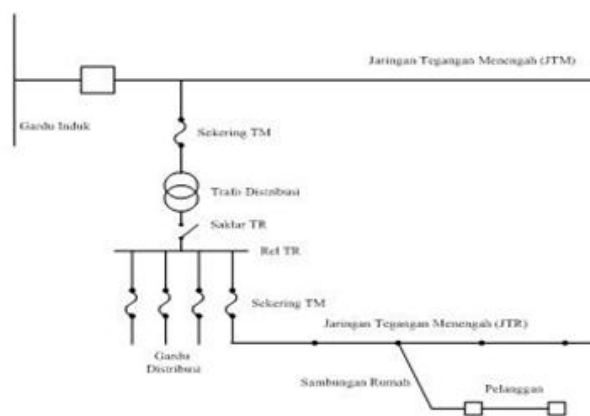
a. Distribusi primer

Distribusi primer adalah jaringan distribusi daya listrik yang bertegangan menengah (20 kV). Jaringan distribusi primer tersebut merupakan

jaringan penyulang. Jaringan ini berawal dari sisi sekunder transformator daya yang terpasang pada gardu induk hingga ke sisi primer transformator distribusi yang terpasang pada tiang tiang saluran. Industri besar biasa juga berlangganan tegangan primer ini.

b. Distribusi sekunder

Distribusi sekunder adalah jaringan daya listrik yang termasuk dalam kategori tegangan rendah (sistem 220/380 Volt), yaitu rating yang sama dengan tegangan peralatan yang dilayani. Jaringan distribusi sekunder bermula dari sisi sekunder transformator distribusi dan berakhir hingga ke alat ukur (meteran) pelanggan. Sistem jaringan distribusi distribusi sekunder ini disalurkan kepada para pelanggan melalui kawat berisolasi.



Gambar 2.2 Jaringan Distribusi Tenaga Listrik^[6]

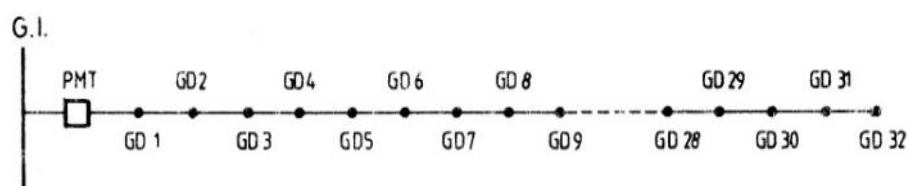
2.5. Pola Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi adalah jaringan yang memiliki fungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk distribusi menuju ke pusat beban. Saluran distribusi ini terbentang disepanjang daerah yang akan disuplai tenaga listrik sampai ke

pusat beban. Terdapat berbagai macam bentuk rangkaian jaringan distribusi primer antara lain sebagai berikut:

2.5.1. Sistem Jaringan Pola *Radial*

Sistem radial pada jaringan distribusi merupakan sistem tenaga listrik yang disalurkan secara radial melalui gardu induk ke konsumen-konsumen dilakukan secara terpisah satu sama lainnya. Dalam *feeder* tersebut dipasang gardu-gardu distribusi untuk konsumen. Bentuk jaringan ini merupakan bentuk yang paling sederhana, banyak digunakan dan murah. Tapi kualitas dan kontinuitas pelayanannya kurang baik sebab antara titik sumber dan titik beban hanya ada satu alternatif saluran sehingga bila saluran tersebut mengalami gangguan maka akan mengalami gangguan secara total. Dinamakan *radial* karena saluran ini ditarik secara *radial* dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu dan dicabang-cabang ke titik-titik beban yang dilayani. Namun kehandalan sistem ini lebih rendah dibanding dengan sistem lainnya. Hal ini disebabkan karena hanya terdapat satu jalur utama yang menyuplai gardu distribusi. Jika terjadi gangguan pada *feeder* utama, maka seluruh gardu akan ikut padam.



Gambar 2.3 Jaringan Distribusi Pola *Radial*^[7]

- Keuntungan Sistem Jaringan Radial :
 - Konstruksinya lebih sederhana.
 - Material yang digunakan sedikit, sehingga lebih ekonomis.

- Sistem pemeliharannya lebih murah.
 - Untuk penyaluran jarak pendek akan lebih murah.
- Kelemahan Sistem Jaringan Radial :
- Keandalan sistem lebih rendah.
 - Faktor penggunaan konduktor 100%.
 - Rugi-rugi tegangan lebih besar.
 - Kapasitas pelayanan terbatas.
 - Bila penyulang utama terkena gangguan, maka penyaluran daya akan terhenti.

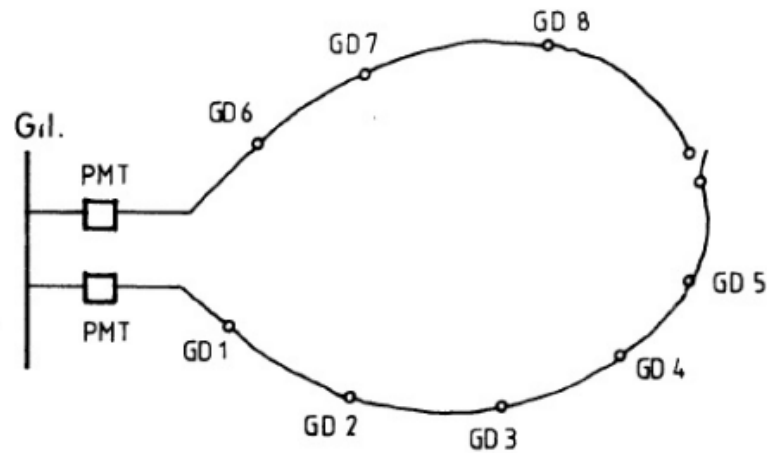
2.5.2. Sistem Jaringan Pola *Loop*

Sistem rangkaian tertutup pada jaringan distribusi merupakan suatu sistem penyaluran melalui dua atau lebih saluran *feeder* yang saling berhubungan membentuk rangkaian berbentuk cincin.

Sistem ini secara ekonomis menguntungkan, karena gangguan pada jaringan terbatas hanya pada saluran yang terganggu saja. Sedangkan pada saluran lain masih dapat menyalurkan tenaga listrik dari sumber lain dalam rangkaian yang tidak terganggu. Sehingga kontinuitas pelayanan sumber tenaga listrik dapat terjamin dengan baik.

Jaringan *loop* memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

- Metode operasinya mudah.
- Keandalannya cukup tinggi.
- Investasinya cukup mahal.



Gambar 2.4 Jaringan Distribusi Pola *Ring/Loop*^[7]

Bentuk loop ini ada 2 macam, yaitu:

1. Bentuk *open loop*

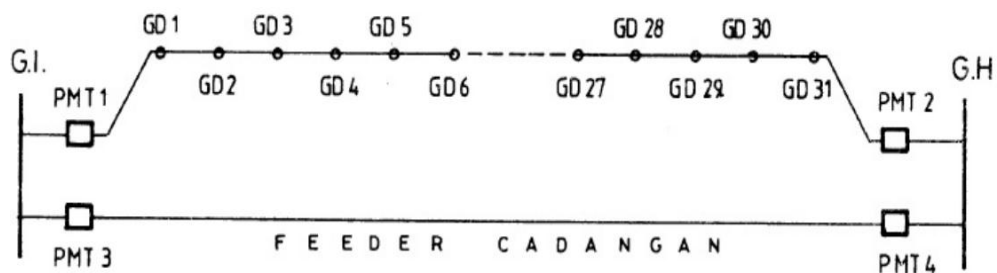
Bila diperlengkapi dengan *normally-open switch*, dalam keadaan normal rangkaian selalu terbuka.

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.

2.5.3. Sistem Jaringan Pola *Spindel*

Selain bentuk-bentuk dasar dari jaringan distribusi yang telah ada, maka dikembangkan pula bentuk-bentuk modifikasi, yang bertujuan meningkatkan keandalan dan kualitas sistem. Salah satu bentuk modifikasi yang populer adalah bentuk *spindle*, yang biasanya terdiri atas maksimum 6 penyulang dalam keadaan dibebani, dan satu penyulang dalam keadaan kerja tanpa beban. Saluran 6 penyulang yang beroperasi dalam keadaan berbeban dinamakan "*working feeder*" atau saluran kerja, dan satu saluran yang dioperasikan tanpa beban dinamakan "*express feeder*". Fungsi "*express feeder*" dalam hal ini selain sebagai cadangan pada saat terjadi gangguan pada salah satu "*working feeder*", juga berfungsi untuk memperkecil terjadinya drop tegangan pada sistem distribusi bersangkutan pada keadaan operasi normal. Dalam keadaan normal memang "*express feeder*" ini sengaja dioperasikan tanpa beban. Perlu diingat di sini, bahwa bentuk-bentuk jaringan beserta modifikasinya seperti yang telah diuraikan di muka, terutama dikembangkan pada sistem jaringan arus bolak-balik (AC).

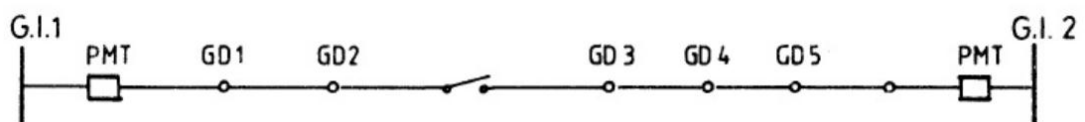


Gambar 2. 5 Sistem Jaringan Spindel^[7]

2.5.4. Sistem Jaringan Pola *Tie Line*

Setiap gardu distribusi akan mendapat *supply* dari dua penyulang. Sistem ini memiliki minimal dua penyulang sekaligus dengan tambahan *Automatic Change Over Switch / Automatic Transfer Switch*, setiap penyulang terkoneksi ke gardu pelanggan khusus tersebut sehingga bila salah satu penyulang mengalami gangguan maka pasokan listrik akan di pindah ke penyulang lain.^[8]

Jaringan ini merupakan modifikasi dari jaringan *radial* yaitu jaringan *radial* ganda atau dikenal dengan sebutan jaringan *tie line*. Hal ini berbeda dengan konfigurasi jaringan radial biasa dengan setiap gardu distribusi hanya memperoleh *supply* dari satu penyulang. Saat terjadi gangguan atau proses pemeliharaan maka jaringan dapat dipindahkan ke penyulang lainnya. Hal ini mengakibatkan kehandalan sistem menjadi lebih baik. Jaringan ini dapat ditemukan pada rumah sakit, bandara, dan pelanggan penting lainnya.



Gambar 2.6 Sistem Jaringan *Tie Line*^[7]

2.6. Pola Sistem Distribusi

Ada 3 (tiga) macam pola sistem distribusi utama yang dianut PT. PLN (Persero) di seluruh Indonesia dan satu pola tambahan untuk sistem yang tidak lagi dikembangkan PLN. Di PT. PLN (Persero) untuk koordinasi, investasi, tingkat pelayanan dan keselamatan dalam rangka pengamanan sistem distribusi,

suatu wilayah atau distribusi hanya diperbolehkan untuk menganut salah satu pola yang cocok untuk lingkungannya.

Jaminan keselamatan, keandalan, dan kontinuitas penyaluran sulit untuk dipertahankan pada posisi yang optimum dan dalam pelaksanaannya di lapangan dapat menimbulkan beberapa kesulitan dengan adanya ketimpangan antara kebutuhan dan ketersediaan biaya investasi dan pemeliharaan peralatan. Pola-pola sistem distribusi tersebut adalah :

a) **Sistem Distribusi Pentanahan Netral Melalui Tahanan Tinggi**

Sistem distribusi Pola I yaitu sistem distribusi 20 kV fasa tiga 3 kawat dengan pentanahan netral melalui tahanan tinggi. Di Indonesia pola sistem distribusi semacam ini pertama dikembangkan di PLN distribusi Jawa Timur. Sistem pentanahannya yaitu dengan netral kumparan TM yang dihubungkan secara bintang dari trafo utama ditanahkan melalui tahanan dengan nilai 500 Ohm. Pentanahan dengan tahanan tinggi dimaksudkan untuk memperoleh hasil yang optimum dengan mengutamakan keselamatan umum, sehingga lebih layak memasuki daerah perkotaan dengan saluran udara.

b) **Sistem Distribusi Pentanahan Netral Secara Langsung**

Sistem Distribusi 20 kV fasa tiga 4 kawat dengan pentanahan netral secara langsung. Pola sistem ini mulai dikembangkan di Indonesia di PLN Distribusi Jawa Tengah. Sistem pentanahannya yaitu dengan netral ditanahkan sepanjang jaringan dan kawat netral dipakai bersama untuk saluran tegangan menengah dan saluran tegangan rendah di bawahnya.

Pentanahan secara langsung dimaksudkan untuk memperoleh hasil optimum dengan mengutamakan ekonomi, sehingga dengan saluran udara elektrifikasi dapat lebih layak dilaksanakan di luar kota sampai ke daerah yang terpencil.

c) **Sistem Distribusi Pentanahan Netral Melalui Tahanan Rendah**

Sistem Distribusi 20 kV fasa tiga 3 kawat dengan pentanahan netral melalui tahanan rendah. Pola sistem ini mulai dikembangkan di Indonesia di distribusi Jawa Barat dan DKI Jaya, sekarang meluas ke seluruh wilayah kerja PLN meskipun di beberapa tempat digunakan modifikasi. Sistem pentanahannya yaitu dengan netral kumparan TM yang dihubungkan secara bintang dari trafo utama ditanahkan melalui tahanan dengan nilai 12 Ohm dan 40 Ohm. Pentanahan dengan tahanan rendah dimaksudkan untuk memperoleh hasil optimum dari kombinasi antara faktor ekonomi dan keselamatan umum dan layak untuk dipergunakan saluran udara bagi daerah - daerah perkotaan dan pedesaan.

d) **Pola Sistem Distribusi Lainnya**

Seperti sudah disebutkan kelistrikan di Indonesia ini sangat beragam, selain dari tiga pola yang telah dibahas pola lainnya disebutkan sebagai sistem distribusi pola 4, yaitu sistem distribusi 6 kV fasa tiga 3- kawat dengan pentanahan netral mengambang. Bagi sistem 6 kV dengan pentanahan netral mengambang, masalahnya yang lebih menonjol adalah faktor keselamatan manusia dan hewan. Pada saat terjadi kawat putus dan hubung tanah, karena pada umumnya tidak dilengkapi dengan alat

pengaman yang segera secara otomatis melakukan pemutusan. Untuk hal tersebut sekurang - kurangnya dilengkapi indikator dan sirine (alarm) pada ruang panel.

2.7. Gangguan pada Jaringan Distribusi

Gangguan pada sistem distribusi adalah gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik yang menyebabkan bekerjanya pengaman pada penyulang di gardu induk yang menyebabkan terputusnya suplai tenaga listrik. Hal ini untuk mengamankan peralatan yang dilalui arus gangguan tersebut dari kerusakan. Sehingga fungsi dari peralatan pengaman adalah untuk mencegah kerusakan peralatan dan tidak meniadakan gangguan. Gangguan pada jaringan distribusi lebih banyak terjadi pada saluran distribusi yang dibentangkan di udara bebas (SUTM) yang umumnya tidak memakai isolasi dibanding dengan saluran distribusi yang ditanam dalam tanah (SKTM) dengan menggunakan isolasi pembungkus.

Sumber gangguan pada sistem distribusi saluran udara sebagian besar karena pengaruh luar. (SPLN 52 –3, 1983)

1. Angin atau pohon
2. Petir
3. Kegagalan atau kerusakan peralatan dan saluran
4. Hujan dan Cuaca
5. Binatang dan benda – benda asing

Gangguan hubung singkat dapat didefinisikan sebagai gangguan yang terjadi akibat adanya penurunan kekuatan dasar isolasi (*basic insulation strength*)

antara sesama kawat fasa, atau antara kawat fasa dengan tanah yang menyebabkan kenaikan arus secara berlebihan. Gangguan hubung singkat, dapat terjadi antar fase (3 fase atau 2 fase) atau 1 fase ketanah.

Menurut sifatnya gangguan tersebut memiliki 2 sifat yaitu gangguan yang sifatnya temporer atau permanen (SPLN 52-3, 1983) :

1. Gangguan Temporer

Gangguan temporer biasanya terjadi karena sambaran petir (penghantar terkena sambaran petir), dan penghantar tertiuap angin yang dapat menimbulkan gangguan antar fase atau penghantar fase menyentuh pohon yang dapat menimbulkan gangguan 1 fase ke tanah. Gangguan temporer merupakan gangguan yang dapat hilang dengan sendirinya atau dengan memutuskan sesaat bagian yang terganggu dari sumber tegangannya. Jika gangguan yang bersifat temporer tidak dapat hilang dengan segera, baik hilang dengan sendirinya maupun bekerjanya alat pengaman *recloser*, dapat berubah menjadi gangguan yang bersifat permanen.

2. Gangguan Permanen

Gangguan yang dimana untuk membebaskannya diperlukan tindakan perbaikan atau menyingkirkan penyebab gangguan tersebut. Peralatan yang terganggu tersebut, baru bisa dioperasikan kembali setelah bagian yang rusak diperbaiki atau diganti.

2.8. Manuver Jaringan

Manuver jaringan merupakan serangkaian kegiatan pelimpahan tenaga listrik dengan membuat modifikasi terhadap operasi normal dari jaringan akibat adanya gangguan atau pekerjaan pemeliharaan jaringan akibat adanya gangguan atau adanya pekerjaan jaringan dengan sedemikian rupa sehingga tetap tercapai kondisi penyaluran yang maksimum atau dengan kata lain yang lebih sederhana adalah mengurangi daerah pemadaman.^[10]

Manuver jaringan adalah pekerjaan pengalihan/pelimpahan beban baik sebagian maupun seluruh penyulang ke penyulang lain yang bersifat sementara. Kegiatan yang dilakukan saat manuver antara lain :

- a. Menghubungkan bagian-bagian jaringan yang semula terpisah menurut keadaan operasi normalnya, baik dalam keadaan bertegangan maupun tidak.
- b. Memisahkan jaringan menjadi bagian-bagian jaringan yang semula terhubung menurut keadaan operasi normalnya, baik dalam keadaan bertegangan maupun tidak.

Jadi manuver jaringan ini dapat dikatakan sebagai pekerjaan membuka (melepas) dan menutup (memasukan) peralatan peralatan *switching*/penghubung yang ada pada jaringan dan penyulang seperti : ABSW, FCO, LBS, *Recloser* dan PMT.^[1]

2.8.1. Tujuan Manuver Jaringan Distribusi

Manuver jaringan distribusi dilakukan dengan tujuan sebagai berikut :

1. Mempercepat penormalan jaringan jika terjadi gangguan.

2. Mempersempit daerah padam atau menimalisir pelanggan padam.
3. Pengaturan distribusi beban jaringan.
4. Pertimbangan keandalan jaringan.

Pelaksana pelimpahan beban jaringan distribusi biasanya dilakukan untuk pemeliharaan jaringan, adanya suatu gangguan dan guna keandalan suatu wilayah atau suatu tempat. Petugas yang terkait dalam proses pelimpahan beban pada jaringan distribusi 20 KV yaitu:

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

2.8.2. Syarat-syarat Manuver Jaringan Distribusi

Syarat-syarat yang harus dipenuhi saat melakukan manuver jaringan distribusi :

1. Tegangan dan frekuensi antara kedua penyulang yang akan dimanuver dalam keadaan sama ataupun maksimal beda tegangan 0,5 kV.
2. Apabila kedua penyulang berasal dari transformator yang berbeda dayanya maka harus dimintakan persamaan tegangan terlebih dahulu ke pihak APD atau Area atas permintaan Rayon.
3. Penyulang yang menerima pelimpahan beban harus mampu menerima beban yang akan dilimpahkan.

4. Urutan ketiga fasa antara kedua penyulang yang akan dimanuver harus sama.
5. Penampang konduktor kedua penyulang harus sama ukurannya.
6. Peralatan manuver/*switching* harus dalam keadaan baik untuk beroperasi.

Adapun beberapa syarat yang harus dipenuhi agar dua buah penyulang akan melakukan *join* :

1. Tegangan dan frekuensi antara kedua penyulang sama dan untuk maksimal beda tegangan ialah 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. Penampang konduktor kedua penyulang harus sama ukurannya
5. Peralatan manuver harus dalam keadaan baik untuk beroperasi

Apabila antara dua penyulang tersebut tidak dapat langsung *join*, maka akan ada pemadaman sesaat untuk proses pelimpahan beban. Namun ketika antar penyulang langsung dapat *join*, maka tidak ada pemadaman sesaat.

2.9. Peralatan Manuver *Switching*

Keberhasilan manuver dari segi teknis sangat ditentukan oleh konfigurasi jaringan dan peralatan manuver yang tersedia di sepanjang jaringan. Peralatan manuver yang dimaksud adalah peralatan *switching/* penghubung yang berada pada jaringan yang dapat difungsikan mengamankan jaringan yang terkena gangguan atau dapat membatasi jaringan yang padam dengan yang tidak padam.

Peralatan manuver penghubung terdiri dari berbagai macam peralatan. Macam-macam peralatan *switching*/ hubung sebagai berikut :

2.9.1. Pemutus Tenaga (PMT)

Pemutus tenaga adalah suatu peralatan listrik yang dapat menghubungkan atau memutuskan rangkaian listrik dalam keadaan normal atau tidak normal yang dilengkapi dengan media pemadam busur api. dalam keadaan tidak normal (gangguan). PMT adalah merupakan saklar otomatis yang dapat memutuskan arus gangguan, dimana untuk mengerjakan CB dalam keadaan tidak normal umumnya digunakan rangkaian trip yang mendapat sinyal dari suatu rangkaian rele pengaman. Alat ini akan membuka dan menutup jika relay telah di setting berdasarkan besar arus gangguan maupun waktu tertentu, dan tentunya settingan atau pengaturan berdasarkan data maupun diperhitungkan agar terjadi koordinasi antara recloser dengan alat proteksi lainnya.



Gambar 2.7 Bentuk Fisik PMT pada Kubikel 20 kV

2.9.2. Load Break Switch (LBS)

Load Break Switch (LBS) adalah peralatan hubung yang digunakan sebagai pemisah ataupun pemutus tenaga dengan beban nominal yang menggunakan gas SF₆ sebagai media pemadam busur apinya. Proses pemutusan

atau pelepasan jaringan dapat dilihat dengan mata telanjang. Saklar pemutus beban ini tidak dapat bekerja secara otomatis pada waktu terjadi gangguan, dibuka atau ditutup hanya untuk melimpahkan beban. Digunakannya gas SF₆ ini dikarenakan memiliki sifat isolasi yang baik serta mempunyai sifat yang cepat mendinginkan. Prinsip kerja pemutus gas SF₆ sama dengan pemutus minyak banyak yaitu meredam busur api dengan menggunakan gas SF₆. Akan tetapi gas SF₆ akan berkurang seiringnya waktu penggunaan, oleh karena itu perlu pengisian gas apabila pengukur tekanan gas telah berkurang.



Gambar 2. 8 *Load Break Swicth (LBS)*

2.9.3. Penutup Balik Otomatis (PBO)

Penutup Balik Otomatis atau *Recloser* merupakan peralatan pemutus tenaga listrik (*circuit breaker*) yang dilengkapi dengan piranti kontrol (*control device*) yang berfungsi sebagai pengaman arus lebih gangguan fasa - fasa / fasa – nol. Cara kerja *Recloser* yaitu apabila terjadi gangguan hubung singkat temporer, maka secara otomatis *Recloser* akan trip dan akan masuk kembali. Bila gangguan bersifat permanen, maka *Recloser* akan bekerja membuka dan menutup kembali sesuai dengan setting yang ditentukan sampai dengan recloser membuka permanen (*Lock Out*).

Berdasarkan Standar PLN 52-3 :1983, *Recloser* merupakan alat berwadah tersendiri, berisi sarana yang diperlukan untuk mengindera arus lebih, mengatur waktu dan memutus arus lebih serta untuk menutup balik secara otomatis dan memberikan tegangan kembali pada saluran. Hal yang membedakan *Recloser* dengan pemutus tenaga yang lain adalah apabila terjadi gangguan hubung singkat temporer, maka secara otomatis *Recloser* dapat menutup kembali sehingga penyaluran tenaga listrik normal kembali.



Gambar 2.9 Penutup Balik Otomatis (*Recloser*)

2.10. Arduino Mega2560

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*. Ini semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler. Cukup dengan menghubungkannya ke komputer melalui kabel USB atau power dihubungkan dengan adaptor AC - DC atau baterai untuk mulai mengaktifkannya. Arduino Mega2560 kompatibel dengan sebagian besar shield

yang dirancang untuk Arduino Duemilanove atau Arduino Diecimila. Arduino Mega2560 adalah versi terbaru yang menggantikan versi Arduino Mega.

Arduino Mega2560 berbeda dari papan sebelumnya, karena versi terbaru sudah tidak menggunakan *chip driver* FTDI USB - to - serial. Tapi, menggunakan chip ATmega16U2 (ATmega8U2 pada papan Revisi 1 dan Revisi 2) yang diprogram sebagai konverter USB - to - serial. Arduino Mega2560 Revisi 2 memiliki resistor penarik jalur HWB 8U2 ke Ground, sehingga lebih mudah untuk dimasukkan ke dalam mode DFU.

Arduino Mega2560 Revisi 3 memiliki fitur - fitur baru berikut:

1. 1.0 pinout : Ditambahkan pin SDA dan pin SCL yang dekat dengan pin AREF dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat dengan pin RESET, IOREF memungkinkan shield untuk beradaptasi dengan tegangan yang tersedia pada papan. Di masa depan, shield akan kompatibel baik dengan papan yang menggunakan AVR yang beroperasi dengan 5 Volt dan dengan Arduino Due yang beroperasi dengan tegangan 3.3 Volt. Dan ada dua pin yang tidak terhubung, yang disediakan untuk tujuan masa depan.
2. Sirkuit RESET.
3. Chip ATmega16U2 menggantikan chip ATmega8U2.



Gambar 2.10 Arduino Mega 2560^[11]

Tabel 2.1 Spesifikasi dari Arduino Mega 2560^[11]

Mikrokontroler	ATmega2560
Tegangan Operasi	5V
<i>Input Voltage</i> (disarankan)	7-12V
<i>Input Voltage</i> (limit)	6-20V
Pin Digital I/O	54 (yang 15 pin digunakan sebagai <i>output</i> PWM)
Pins <i>Input</i> Analog	16
Arus DC per pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
<i>Flash Memory</i>	256 KB (8 KB digunakan untuk <i>bootloader</i>)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
<i>Clock Speed</i>	16 MHz

2.10.1. Sumber Daya Arduino Mega2560

Arduino Mega dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Sumber daya eksternal (non - USB) dapat berasal baik dari adaptor AC - DC atau baterai. Adaptor dapat dihubungkan dengan mencolokkan steker 2,1 mm yang bagian tengahnya terminal positif ke jack sumber tegangan pada papan. Jika tegangan berasal dari baterai dapat langsung dihubungkan melalui header pin Gnd dan pin Vin dari konektor POWER.

Papan Arduino ATmega2560 dapat beroperasi dengan pasokan daya eksternal 6 Volt sampai 20 volt. Jika diberi tegangan kurang dari 7 Volt, maka, pin 5 Volt mungkin akan menghasilkan tegangan kurang dari 5 Volt dan ini akan membuat papan menjadi tidak stabil. Jika sumber tegangan menggunakan lebih dari 12 Volt, regulator tegangan akan mengalami panas berlebihan dan bisa merusak papan. Rentang sumber tegangan yang dianjurkan adalah 7 Volt sampai 12 Volt. Pin tegangan yang tersedia pada papan Arduino adalah sebagai berikut:

1. VIN : Adalah input tegangan untuk papan Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal. Anda dapat memberikan tegangan melalui pin ini, atau jika memasok tegangan untuk papan melalui jack power, kita bisa mengakses/mengambil tegangan melalui pin ini.
2. 5V : Sebuah pin yang mengeluarkan tegangan ter-regulator 5 Volt, dari pin ini tegangan sudah diatur (ter-regulator) dari regulator yang tersedia (*built-in*) pada papan. Arduino dapat diaktifkan dengan sumber daya

baik berasal dari *jack power* DC (7 - 12 Volt), konektor USB (5 Volt), atau pin VIN pada board (7 - 12 Volt). Memberikan tegangan melalui pin 5V atau 3.3V secara langsung tanpa melewati regulator dapat merusak papan Arduino.

3. 3V3 : Sebuah pin yang menghasilkan tegangan 3,3 Volt. Tegangan ini dihasilkan oleh regulator yang terdapat pada papan (on-board). Arus maksimum yang dihasilkan adalah 50 mA.
4. GND : Pin Ground atau Massa.
5. IOREF : Pin ini pada papan Arduino berfungsi untuk memberikan referensi tegangan yang beroperasi pada mikrokontroler. Sebuah perisai (*shield*) dikonfigurasi dengan benar untuk dapat membaca pin tegangan IOREF dan memilih sumber daya yang tepat atau mengaktifkan penerjemah tegangan (*voltage translator*) pada output untuk bekerja pada tegangan 5 Volt atau 3,3 Volt.

2.10.2. Pin Input dan Output

Setiap pin digital pada *Arduino Mega 2560* yang berjumlah 54 pin dapat digunakan sebagai *input* atau *ouput*, dengan menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()*. Setiap pin menerima atau mengirim arus sebesar 20 mA dengan arus maksimum 40 mA, namun dianjurkan untuk dihindari dan mempunyai tahanan *pull-up* internal berkisar antara 20-50 k Ω .

Berikut adalah beberapa pin yang memiliki fungsi khusus :

1. **Serial: 0 (RX) dan 1 (TX); Serial 1: 19 (TX) dan 18 (RX); Serial 2: 17 (RX) dan 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) dan 14 (TX)**, berfungsi untuk menerima (RX) dan mengirim (TX) data serial TTL.
2. **Interupsi Eksternal:** pin 2 (*interrupt 0*), pin 3 (*interrupt 1*), pin 18 (*interrupt 5*), pin 19 (*interrupt 4*), pin 20 (*interrupt 3*), dan pin 21 (*interrupt 2*). Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu sebuah interupsi pada nilai yang rendah, meningkat atau menurun, atau perubahan nilai.
3. **PWM: pin 0 sampai 13.** Pin ini digunakan untuk *output* PWM dengan fungsi *analogWrite()*.
4. **SPI: pin 50 (MISO), 5 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS).** Pin ini mendukung komunikasi *SPI* menggunakan *SPI library*.
5. **LED: pin 13.** Pin ini dilengkapi dengan LED yang sudah tersedia pada papan *Arduino (built-in)*. Ketika pin bernilai tinggi, maka LED akan menyala, dan sebaliknya akan mati jika bernilai rendah.
6. **I²C: pin 20 (SDA) dan 21 (SCL).** Pin ini mendukung komunikasi TWI menggunakan *Wire library*.

Arduino Mega 2560 mempunyai 16 pin *input* analog yang masing-masing menyediakan resolusi 10 bit (1024 nilai yang berbeda). Secara otomatis pin ini dapat diukur/diatur mulai dari *ground* sampai 5 V, meskipun bisa juga merubah titik jangkauan tertinggi menggunakan pin AREF dengan fungsi *analogReference()*. Berikut adalah pin lain yang tersedia di papan :

1. **AREF**, untuk mengubah tegangan referensi pada *input* analog.
2. **Reset**, untuk menghidupkan ulang mikrokontroler. Biasanya digunakan untuk membuat tombol *reset* tersendiri yang akan menghentikan fungsi tombol *reset* pada papan.

2.10.3. Memori

Arduino Mega 2560 mempunyai 256 KB *flash memory* dengan 8 KB digunakan untuk *bootloader*, 8 KB SRAM (*Static Random Access Memory*), dan 4 KB EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*).

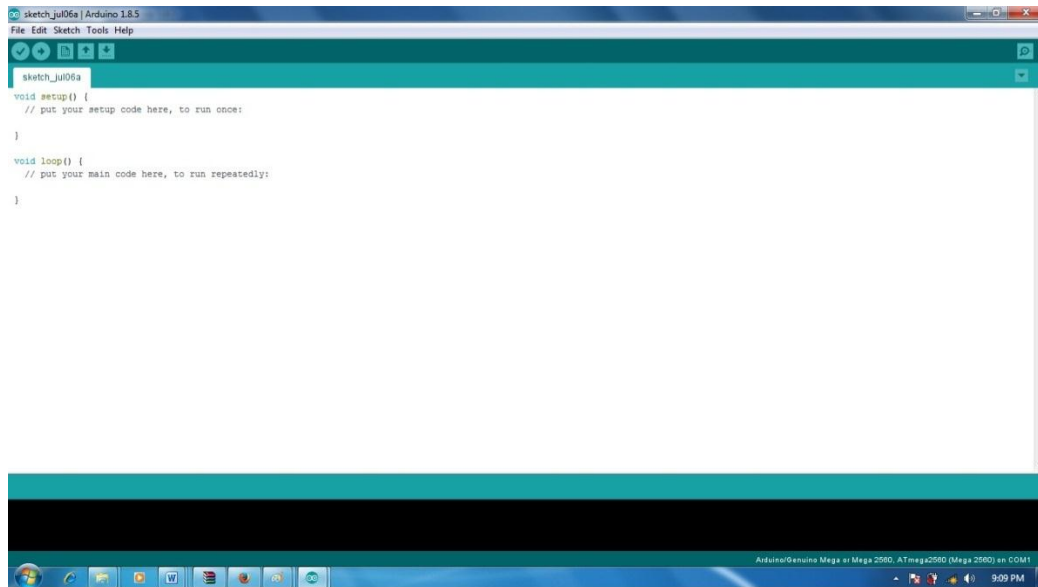
2.10.4. Komunikasi

Arduino Mega 2560 mempunyai beberapa bagian komponen yang dipergunakan untuk berkomunikasi dengan komputer, *Arduino* lain, atau mikrokontroler lain. *ATmega 2560* menyediakan empat UART *hardware* untuk TTL (5V) komunikasi serial. Sebuah *chip ATmega16U2* yang terdapat pada papan digunakan sebagai media komunikasi serial melalui USB dan muncul sebagai *COM Port Virtual* (pada *Device* komputer) untuk berkomunikasi dengan perangkat lunak pada komputer. Perangkat lunak *Arduino* termasuk di dalamnya serial monitor memungkinkan data tekstual sederhana dikirim ke dan dari papan *Arduino*. LED RX dan TX (pada pin 13) akan berkedip ketika data sedang dikirim atau diterima melalui *chip USB-to-serial* yang terhubung melalui USB komputer (tetapi tidak berlaku untuk komunikasi serial seperti pada pin 0 dan 1).

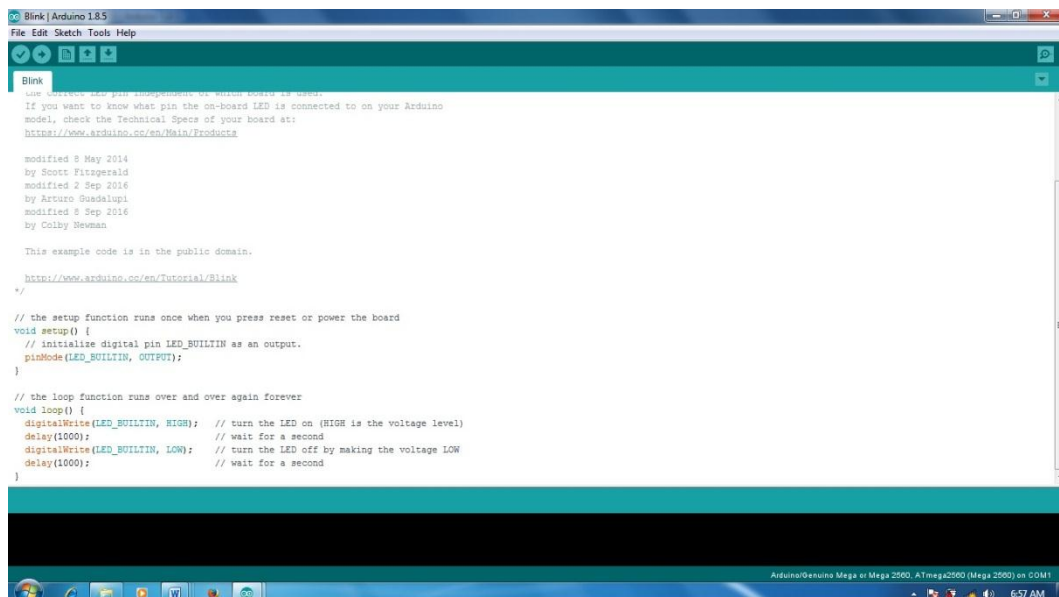
2.10.5. Pemrograman Arduino

Pemrograman *Arduino Mega 2560* dapat dilakukan menggunakan aplikasi IDE (*Integrated Development Environment*) yang merupakan *software open*

source dari Arduino. *Software* ini berfungsi untuk menulis program, meng-compile menjadi kode biner, dan meng-upload ke dalam memori mikrokontroler.



Gambar 2.11 Tampilan Software Arduino IDE (*Integrated Development Environment*)



Gambar 2.12 Contoh Program Arduino

2.11. Arduino *Ethernet Shield*

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*.

Ethernet shield berbasiskan *chip ethernet Wiznet W5100*. *Ethernet library* digunakan dalam menulis program agar arduino board dapat terhubung ke jaringan dengan menggunakan *ethernet shield*. Pada *ethernet shield* terdapat sebuah slot *micro-SD*, yang dapat digunakan untuk menyimpan *file* yang dapat diakses melalui jaringan. *Onboard micro-SD card reader* diakses dengan menggunakan *SDlibrary*. *Arduino board* berkomunikasi dengan *W5100* dan *SD card* menggunakan bus *SPI (Serial Peripheral Interface)*. Komunikasi ini diatur oleh library *SPI.h* dan *Ethernet.h*.^[12]

Bus *SPI* menggunakan pin digital 11, 12 dan 13 pada *Arduino Uno* dan pin 50, 51, dan 52 pada *Mega*. Pin digital 10 digunakan untuk memilih *W5100* dan pin digital 4 digunakan untuk memilih *SD card*. Pin-pin yang sudah disebutkan sebelumnya tidak dapat digunakan untuk input/output umum ketika kita menggunakan *ethernet shield*. Karena *W5100* dan *SD card* berbagi bus *SPI*, hanya salah satu yang dapat aktif pada satu waktu.^[12]

Jika kita menggunakan kedua perangkat dalam program kita, hal ini akan diatasi oleh *library* yang sesuai. Jika kita tidak menggunakan salah satu perangkat dalam program kita, kiranya kita perlu secara eksplisit mendeselect-nya. Untuk melakukan hal ini pada SD card, set pin 4 sebagai output dan menuliskan logika tinggi padanya, sedangkan untuk *W5100* yang digunakan adalah pin 10.^[12]

Untuk menghubungkan *ethernet shield* dengan jaringan, dibutuhkan beberapa pengaturan dasar. Yaitu *ethernet shield* harus diberi alamat MAC (*Media Access Control*) dan alamat IP (*Internet Protocol*). Sebuah alamat MAC adalah sebuah identifikasi unik secara global untuk perangkat tertentu. Alamat IP yang valid tergantung pada konfigurasi jaringan. Hal ini dimungkinkan untuk menggunakan *DHCP* (*Dynamic Host Configuration Protocol*) untuk secara dinamis menentukan sebuah IP. Selain itu juga diperlukan *gateway* jaringan dan *subnet*.



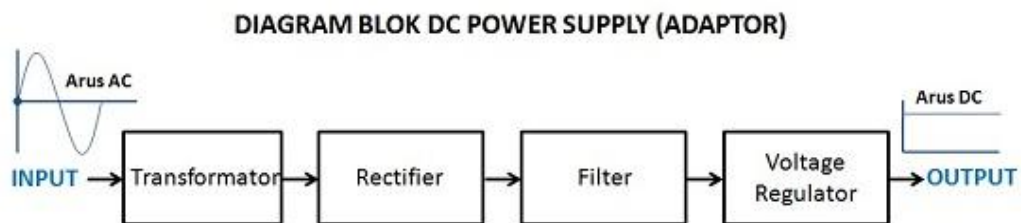
Gambar 2.13 *Ethernet Shield*^[12]

2.12. Catu Daya

Catu daya adalah suatu unit yang dapat mensuplai listrik ke unit lain, yang mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC dan menjaga agar tegangan *output*

konstan dalam batas-batas tertentu. Catu daya memiliki 3 bagian utama agar dapat menghasilkan arus DC yang stabil. Keempat bagian tersebut diantaranya:

- a. Transformator
- b. Penyearah (*Rectifier*)
- c. Penyaring (*Filter*)



Gambar 2.14 Blok Diagram Catu Daya^[13]

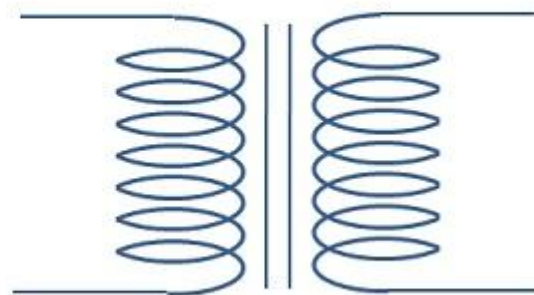
2.12.1. Transformator

Transformator adalah suatu alat untuk mempertinggi atau memperendah suatu tegangan bolak-balik. Transformator terdiri dari kumparan primer dan kumparan sekunder yang digulung pada sebuah inti besi lunak.

Bentuk Transformator



Simbol Transformator

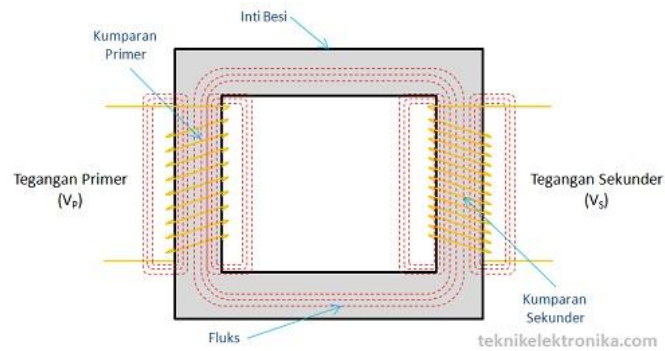


teknikelektronika.com

Gambar 2.15 Bentuk Fisik dan Simbol Tranformator^[14]

Sebuah Transformator yang sederhana pada dasarnya terdiri dari 2 lilitan atau kumparan kawat yang terisolasi yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Pada kebanyakan Transformator, kumparan kawat terisolasi ini dililitkan pada sebuah besi yang dinamakan dengan Inti Besi (*Core*). Ketika kumparan primer dialiri arus AC (bolak-balik) maka akan menimbulkan medan magnet atau fluks magnetik disekitarnya. Kekuatan Medan magnet (densitas Fluks Magnet) tersebut dipengaruhi oleh besarnya arus listrik yang dialirinya. Semakin besar arus listriknya semakin besar pula medan magnetnya. Fluktuasi medan magnet yang terjadi di sekitar kumparan pertama (primer) akan menginduksi GGL (Gaya Gerak Listrik) dalam kumparan kedua (sekunder) dan akan terjadi pelimpahan daya dari kumparan primer ke kumparan sekunder. Dengan demikian, terjadilah perubahan taraf tegangan listrik baik dari tegangan rendah menjadi tegangan yang lebih tinggi maupun dari tegangan tinggi menjadi tegangan yang rendah.

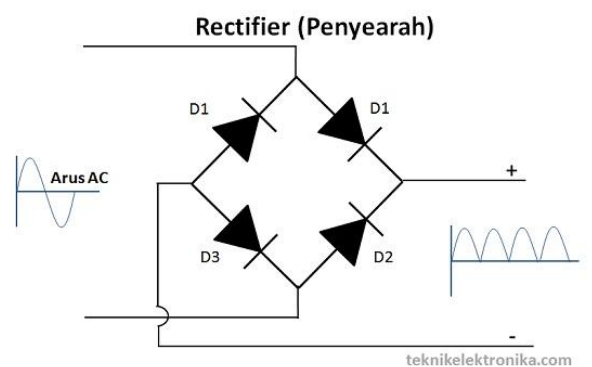
Sedangkan Inti besi pada Transformator atau Trafo pada umumnya adalah kumpulan lempengan-lempengan besi tipis yang terisolasi dan ditempel berlapis-lapis dengan kegunaanya untuk mempermudah jalannya Fluks Magnet yang ditimbulkan oleh arus listrik kumparan serta untuk mengurangi suhu panas yang ditimbulkan.



Gambar 2.16 *Fluks* Magnet pada Transformator^[14]

2.12.2. Rangkaian Penyearah

Penyearah atau *rectifier* berfungsi untuk mengubah gelombang AC menjadi gelombang DC, setelah tegangan diturunkan dari 220 VAC ke 12 VAC oleh transformator *step down*. Penyearah 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*.

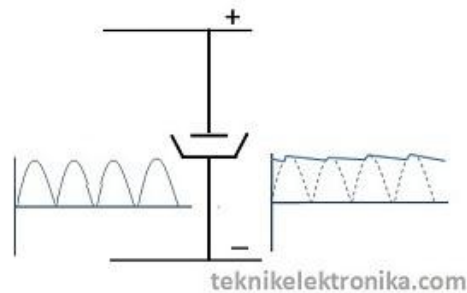


Gambar 2.17 Rangkaian Penyearah (*Rectifier*)^[13]

2.12.3. Penyaring (*Filter*)

Penyaring pada rangkaian catu daya berupa komponen kapasitor yang berfungsi untuk meratakan sinyal arus yang keluar dari *rectifier*. Seperti yang kita

ketahui, tegangan DC yang dihasilkan oleh *rectifier* masih memiliki *ripple* yang sangat besar. Untuk mendapatkan tegangan DC yang rata (*low ripple*), maka diperlukan kapasitor sebagai filter, sehingga tegangan yang dihasilkan akan memiliki *ripple* yang sangat kecil sekali mendekati mendekati DC murni.



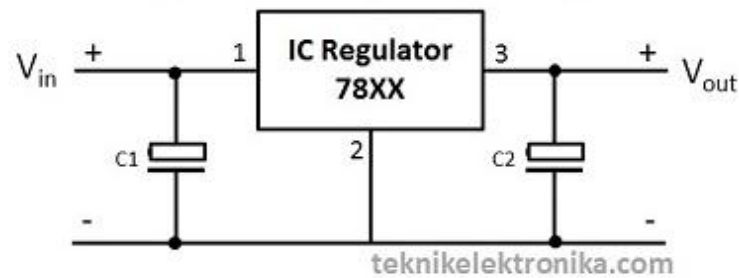
Gambar 2. 18 Penyaring (*Filter*)^[13]

2.12.4. Voltage Regulator

Regulator tegangan diperlukan untuk menyetabilkan tegangan hasil dari penyearahan. Ketidakstabilan suatu sumber daya bisa disebabkan oleh perubahan jaringan AC pada PLN atau oleh adanya perubahan beban. Regulator tegangan ini mampu mengatasi kedua jenis perubahan tersebut. Dilihat dari hubungan pengendalian dan bebannya, regulator tegangan bisa berupa seri atau paralel. Sedangkan untuk kepraktisan, biasanya rangkaian regulator tegangan sudah dikemas dalam bentuk rangkaian 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^[8].

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

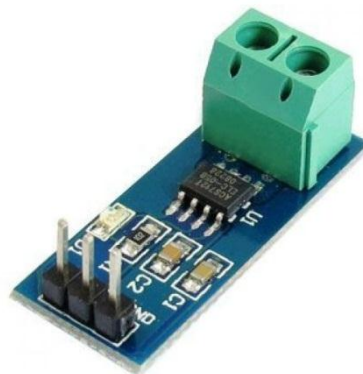
ini dinyatakan pada dua angka terakhir serinya. Contoh IC 7812 adalah regulator tegangan positif dengan tegangan *output* 12 V, sedangkan IC 7912 adalah regulator tegangan negatif dengan tegangan *output* -12 V.



Gambar 2.19 Penstabil Tegangan (Regulator)^[13]

2.13. Sensor Arus ACS712

ACS712 merupakan suatu IC yang berfungsi sebagai sensor arus menggantikan transformator arus yang memiliki ukuran relatif besar. ACS 712 merupakan sensor yang ekonomis dan presisi baik untuk pengukuran AC ataupun DC. Sensor ini memiliki tipe variasi sesuai arus maksimalnya, yakni 5 A, 20 A, dan 30 A dengan V_{cc} 5 V.



Gambar 2.20 Bentuk Fisik Sensor Arus ACS712

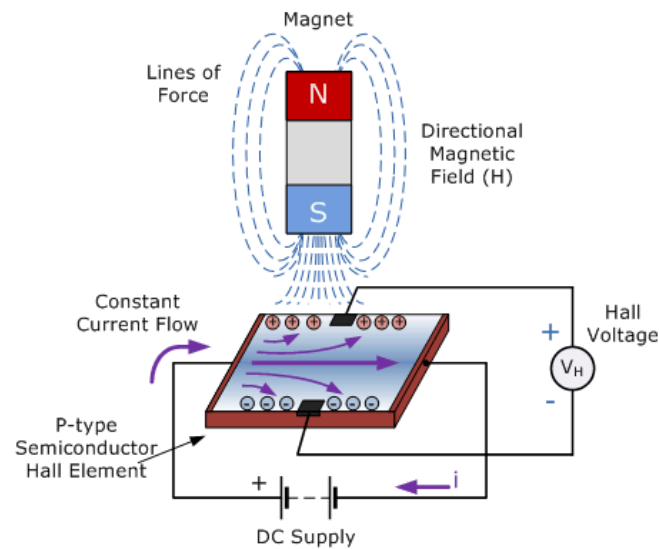
ACS712 menggunakan prinsip efek *Hall* mendeteksi arus yang mengalir melalui pin *IP+* dan *IP-* dan memberikan keluaran berupa tegangan. Kelebihan sensor efek *Hall* ini adalah sirkuit yang dialiri arus (pin 1,2,3, dan 4) dengan sirkuit yang membaca besaran arus (pin 5 sampai 8) terisolasi secara elektrik. Hal ini artinya meskipun *Arduino* beroperasi pada tegangan 5 V, namun pada sirkuit yang dialiri arus bisa diberi besaran tegangan *DC* maupun *AC* yang lebih besar dari tegangan tersebut.

Pembacaan arus pada *ACS712* diawali dengan peristiwa elektromagnetik berdasarkan Hukum *Faraday*. Pada hukum ini dijelaskan, bahwa arus listrik yang mengalir melalui suatu konduktor tertutup akan menimbulkan medan magnet yang kemudian perubahan medan magnet tersebut dapat menginduksikan arus ke konduktor lain.

Tahap selanjutnya adalah efek *Hall*. Efek *Hall* merupakan kejadian di mana terdapatnya beda tegangan pada sebuah logam yang berada dalam medan magnet, ketika diberikan arus pada logam tersebut yang tegak lurus dengan medannya^[20].

Ketika arus listrik (*I*) mengalir pada sebuah bahan logam dan logam tersebut memiliki medan magnet (*B*) yang tegak lurus dengan arus, maka pembawa muatan (*charge carrier*) yang bergerak pada logam akan mengalami pembelokan oleh medan magnet tersebut. Akibat dari proses itu akan terjadi penumpukan muatan pada sisi-sisi logam setelah beberapa saat. Penumpukan atau pengumpulan muatan dapat menyebabkan sisi logam menjadi lebih elektropositif ataupun elektronegatif, tergantung pada pembawa muatannya. Perbedaan muatan

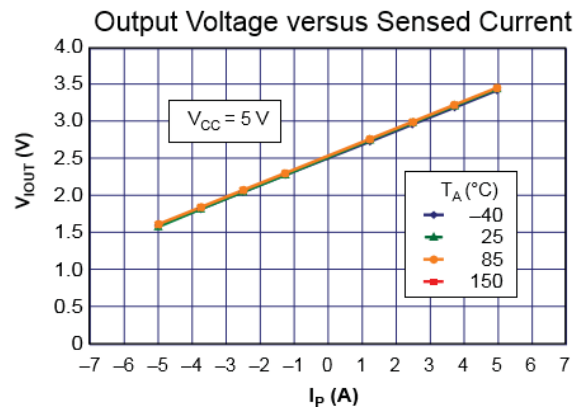
di kedua sisi logam ini menimbulkan perbedaan potensial yang disebut sebagai Potensial *Hall*.^[9]



Gambar 2.21 Skema Efek *Hall*^[16]

Pada *ACS712* pin yang dialiri arus akan terhubung ke keping tembaga yang terhubung secara internal sehingga arus akan banyak mengalir pada bagian ini. *ACS712* memiliki sensor efek *Hall* yang diletakkan di sebelah keping tembaga sehingga jika arus mengalir melalui keping tembaga dan menghasilkan medan magnet, medan magnet ini akan dideteksi oleh sensor efek *Hall* yang *output*-nya berupa tegangan sesuai dengan arus *input*

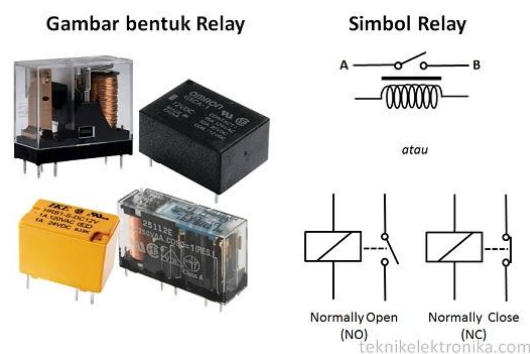
Karakteristik dari sensor ini adalah ketika tidak ada arus yang mengalir pada rangkaian maka keluaran sensor adalah setengah dari *Vcc* yaitu 2,5 V. Ketika arus mengalir dari pin *IP+* ke *IP-*, maka keluaran akan $>2,5$ V, sedangkan ketika arus mengalir dari *IP-* ke *IP+* maka keluaran akan $<2,5$ V. Gambar 2.18 dibawah adalah hubungan antara tegangan *output* dengan arus yang dideteksi sensor.



Gambar 2.22 Hubungan Tegangan Output dengan Arus^[16]

2.14. Relay 12VDC

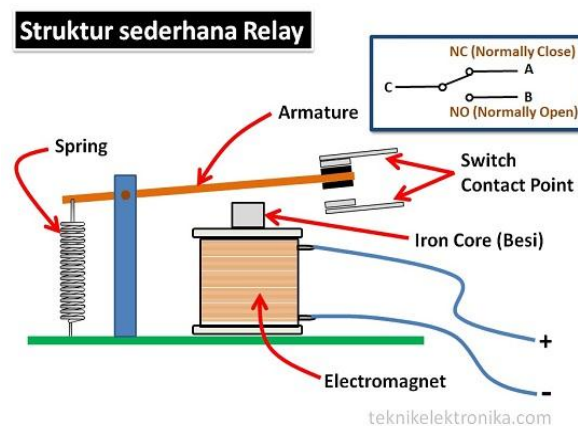
Relay adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *Electromechanical* (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (*Coil*) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/*Switch*). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan Relay yang menggunakan Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan Armature Relay (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A.^[17]



Gambar 2.23 Bentuk dan Simbol Relay^[17]

Pada dasarnya, Relay terdiri dari 4 komponen dasar yaitu :

1. Electromagnet (*Coil*)
2. *Armature*
3. *Switch Contact Point* (Saklar)
4. *Spring*

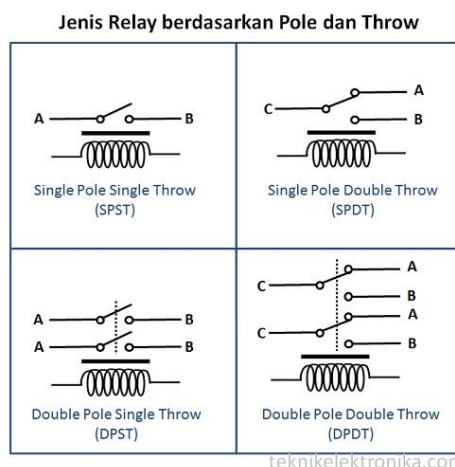


Gambar 2.24 Bagian - Bagian Relay^[17]

Berdasarkan gambar diatas, sebuah Besi (*Iron Core*) yang dililit oleh sebuah kumparan *Coil* yang berfungsi untuk mengendalikan Besi tersebut. Apabila Kumparan *Coil* diberikan arus listrik, maka akan timbul gaya Elektromagnet yang kemudian menarik *Armature* untuk berpindah dari Posisi sebelumnya (NC) ke posisi baru (NO) sehingga menjadi Saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi barunya (NO). Posisi dimana *Armature* tersebut berada sebelumnya (NC) akan menjadi *OPEN* atau tidak terhubung. Pada saat tidak dialiri arus listrik, *Armature* akan kembali lagi ke posisi Awal (NC). *Coil* yang digunakan oleh Relay untuk menarik *Contact Poin* ke Posisi *Close* pada umumnya hanya membutuhkan arus listrik yang relatif kecil.

Berdasarkan penggolongan jumlah *Pole* dan *Throw*-nya sebuah relay, maka relay dapat digolongkan menjadi :

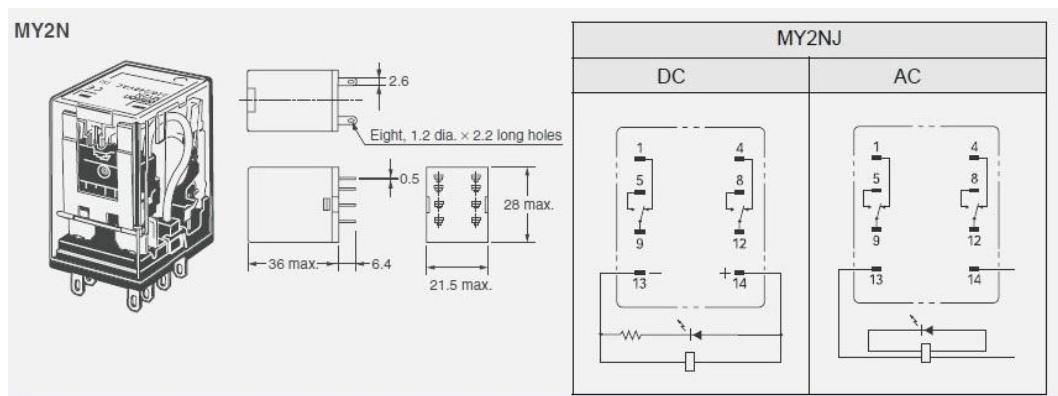
1. *Single Pole Single Throw (SPST)* : Relay golongan ini memiliki 4 Terminal, 2 Terminal untuk Saklar dan 2 Terminalnya lagi untuk Coil.
2. *Single Pole Double Throw (SPDT)* : Relay golongan ini memiliki 5 Terminal, 3 Terminal untuk Saklar dan 2 Terminalnya lagi untuk Coil.
3. *Double Pole Single Throw (DPST)* : Relay golongan ini memiliki 6 Terminal, diantaranya 4 Terminal yang terdiri dari 2 Pasang Terminal Saklar sedangkan 2 Terminal lainnya untuk Coil. Relay DPST dapat dijadikan 2 Saklar yang dikendalikan oleh 1 Coil.
4. *Double Pole Double Throw (DPDT)* : Relay golongan ini memiliki Terminal sebanyak 8 Terminal, diantaranya 6 Terminal yang merupakan 2 pasang Relay SPDT yang dikendalikan oleh 1 (single) Coil. Sedangkan 2 Terminal lainnya untuk Coil.



Gambar 2.25 Jenis – Jenis Relay Berdasar *Pole* dan *Throw*^[17]

Beberapa fungsi Relay yang telah umum diaplikasikan kedalam peralatan Elektronika diantaranya adalah :

1. Relay digunakan untuk menjalankan Fungsi Logika (*Logic Function*)
2. Relay digunakan untuk memberikan Fungsi penundaan waktu (*Time Delay Function*)
3. Relay digunakan untuk mengendalikan Sirkuit Tegangan tinggi dengan bantuan dari Signal Tegangan rendah.
4. Ada juga Relay yang berfungsi untuk melindungi Motor ataupun komponen lainnya dari kelebihan Tegangan ataupun hubung singkat (*Short*).



Gambar 2.26 Bagian-Bagian dari Relay Omron MY2N^[23]

Pada tugas akhir ini penulis menggunakan relai merk Omron type MY2N sebagai simulasi *switch* untuk menggambarkan prinsip kerja PMT dan PMS .

Berikut adalah spesifikasi dari relay MY2N dari Omron ^[23] :

1. *Double Pole Model*
2. 8 Pins; 2NO + 2NC
3. I_{max} 10A; V_{max} : AC250V/DC125V
4. Pilihan tegangan koil AC : 6/12/24/50/110/220 V

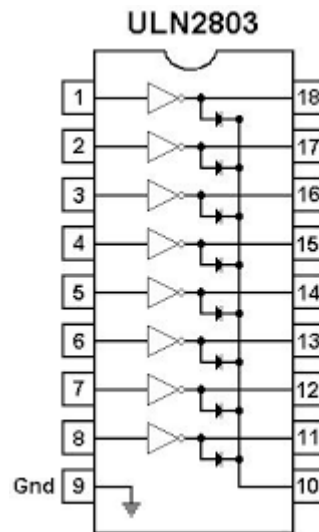
5. Pilihan tegangan koil DC : 6/12/24/48/110 V
6. *Contact resistance* 100 ms maks.
7. *Operate time* 20 ms maks.
8. *Release time* 20 ms maks.
9. Maks. *operating frequency Mechanical*: 18,000 *operations/hr*
10. Dimensi : H28 W21,5 D36mm

2.15. Driver Relay dengan ULN2083

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

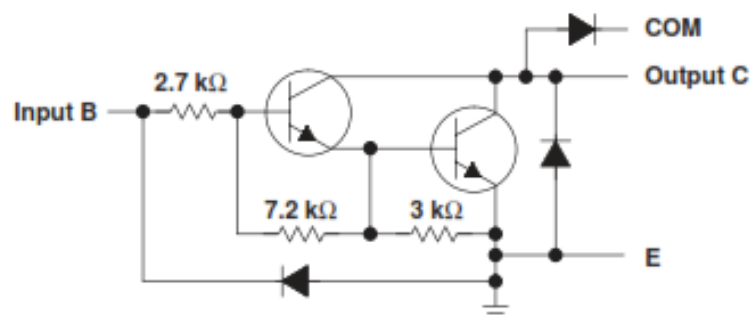
ULN2803 merupakan salah satu IC yang mampu difungsikan sebagai *driver* relay. IC ini mempunyai 8 buah pasangan transistor *Darlington npn*, dengan tegangan *output* maksimal 50 V dan arus setiap pin mencapai 500mA. Pasangan transistor *Darlington* adalah penggabungan dua buah transistor sejenis dengan beta yang sama. Keuntungan transistor *Darlington* yakni mempunyai impedansi input tinggi dan impedansi *output* rendah.

ULN2803 mempunyai 18 pin dengan rincian pin 1-8 digunakan untuk menerima sinyal tingkat rendah, pin 9 sebagai *ground*, pin 10 sebagai *Vcc*, dan pin 11-18 merupakan *output*.



Gambar 2.27 Pin-out Diagram ULN2803^[18]

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 2.28 Skematik Transistor Darlington ULN2803^[24]