

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Ide dari penyusunan tentang tugas akhir ini atas dasar observasi yang penulis lakukan pada saat Praktik Kerja di PT PLN (Persero) UP2D DCC Purwokerto. Penulis menemukan ketertarikan pada salah satu peralatan *switching* yang terdapat pada jaringan tegangan menengah, yaitu *Load Break Switch (LBS) Three Ways* yang berfungsi sebagai peralatan *switching* untuk menjaga aliran tenaga listrik konsumen VIP dari padam yang berkepanjangan.

Setelah penulis telaah terhadap beberapa referensi yang ada, ada beberapa yang memiliki keterkaitan dengan perancangan yang akan penulis lakukan. Tugas Akhir mengenai alat simulasi *Load Break Switch (LBS) Three Ways* sebelumnya pernah penulis temukan tetapi pembahasan yang diangkat yaitu mengenai *Automatic switch* dari *Load Break Switch (LBS) Three Ways* yang prinsip kerjanya berbeda dengan *Load Break Switch (LBS) Three Ways* yang di-Remote oleh Scada.

Referensi pertama tugas akhir tentang alat Simulasi *Load Break Switch Three Ways (LBS) Sebagai Automatic Transfer Switch* Pada Jaringan Distribusi 20 KV Berbasis Arduino Mega 2560 Dengan Tampilan HMI yang disusun oleh Cherlly Sarsaparila Dian Nurina dari Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Diponegoro<sup>[1]</sup> dan referensi kedua dengan judul *Automasi Manuver Menggunakan Load Break Switch (LBS) Three Ways* pada Jaringan Distribusi Berbasis Arduino Mega 2560 Dengan Monitoring VT Scada yang disusun oleh Rana Pramesti W dari

Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Diponegoro<sup>[2]</sup> membahas tentang *Load Break Switch (LBS) Three Ways* yang sudah difungsikan *Automatic Change Switch (ACS)*-nya dan bekerja secara otomatis untuk *open swicthing* saat penyulang utama padam atau trip karena merasakan arus gangguan dan hilang tegangan, dengan durasi waktu kurang dari satu detik yang akan dilanjutkan dengan *closing switch* dari penyulang cadangan agar konsumen VIP tidak mengalami padam yang lama. Referensi ketiga diambil dari pembahasan *Load Break Switch Three Ways* yang pernah diangkat oleh mahasiswa dari Universitas Udayana dengan judul Studi Peningkatan Kualitas Pelayanan Penyulang Menggunakan *Load Break Switch (LBS) Three Ways*<sup>[3]</sup> oleh I Kadek Hery, I Gede Dyana Arjana, dan I Wayan Artha Wijaya Samudra yang menjelaskan tentang analisis dari kerja *Load Break Switch (LBS) Three Ways* serta perbandingan wilayah padam pada jaringan PLN sebelum dan sesudah pemasangan *Load Break Switch (LBS) Three Ways*.

Persamaan tugas akhir yang akan diangkat penulis dengan ketiga referensi yang telah ada adalah sama-sama membahas tentang manuver *Load Break Switch (LBS) Three Ways* sebagai peralatan *switching* pada jaringan distribusi.

Perbedaan tugas akhir yang akan dikerjakan penulis dari referensi pertama adalah pembahasan manuver *Load Break Switch (LBS) Three Ways* yang dioperasikan secara *remote scada* oleh *Dispatcher*. Lokasi pemasangan *Load Break Switch (LBS) Three Ways* yang akan diangkat oleh penulis juga berbeda, yaitu di wilayah Purwokerto tepatnya pada Rumah Sakit Margono. Alat simulasi yang akan dibuat menggunakan sensor arus ZMCT 103C untuk mendeteksi dan monitoring arus pada jaringan serta beban yang digunakan menggunakan lampu AC.

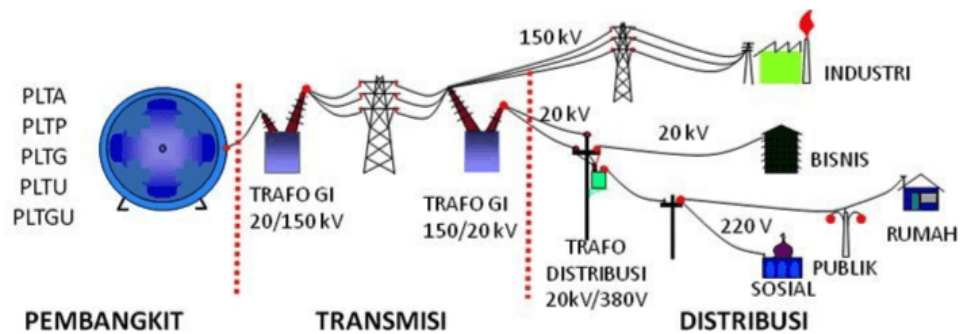
Perbedaan tugas akhir yang akan dikerjakan penulis dengan referensi kedua adalah manuver *Load Break Switch (LBS) Three Ways* dibuat berdasarkan kejadian yang pernah terjadi di lapangan. Prinsip kerja yang digunakan adalah prinsip kerja dari *Load Break Switch (LBS) join* dimana ketika merasakan hilang tegangan dan arus gangguan, *Load Break Switch (LBS) Three Ways* tidak akan melakukan manuver sendiri (otomatis). Konfigurasi jaringan yang diterapkan menggunakan konfigurasi jaringan *tie-line*.

Sedangkan perbedaan tugas akhir yang akan dikerjakan penulis dengan referensi ketiga adalah penulis membahas pada pemasangan jaringan PLN setelah dilakukan pemasangan *Load Break Switch (LBS) Three Ways*, sehingga lebih terfokus pada pelayanan terbaik yang dapat diberikan PLN ke pelanggan VIP agar durasi waktu padam dapat lebih ditekan. Serta, pada referensi ketiga belum disertakan dengan rancang bangun alat simulator.

## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1 Sistem Tenaga Listrik**

Secara umum sistem tenaga listrik terdiri atas komponen tenaga listrik yaitu pembangkit tenaga listrik, sistem transmisi dan sistem distribusi. Ketiga bagian ini merupakan bagian utama pada suatu rangkaian sistem tenaga listrik yang bekerja untuk menyalurkan daya listrik dari pusat pembangkit ke pusat-pusat beban.<sup>[4]</sup> Rangkaian sistem tenaga listrik dapat dilihat pada gambar 2-1 dibawah berikut :



**Gambar 2- 1** Sistem Tenaga Listrik

Sumber : <http://ilmu-listrik.weebly.com/sistem-tenaga.html>

Energi listrik yang dihasilkan di pusat pembangkit listrik akan disalurkan melalui saluran transmisi kemudian melalui saluran distribusi akan sampai ke konsumen. Berikut ini penjelasan mengenai bagian utama pada sistem tenaga listrik pada umumnya, yaitu :

1. Pusat Pembangkit Listrik (*Power Plant*)

Pusat pembangkit listrik merupakan tempat energi listrik pertama kali dibangkitkan, dimana terdapat turbin sebagai penggerak awal (*Prime Mover*) dan generator yang membangkitkan listrik dengan mengubah tenaga turbin menjadi energi listrik. Biasanya dipusat pembangkit listrik juga terdapat gardu induk.

2. Transmisi Tenaga Listrik

Transmisi tenaga listrik merupakan proses penyaluran tenaga listrik dari pusat pembangkitan listrik hingga saluran distribusi listrik sehingga nantinya dapat tersalurkan pada pengguna listrik.

3. Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi ini adalah sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pengguna listrik dan pada umumnya berfungsi dalam hal penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat..

### **2.2.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik**

Sistem distribusi tenaga listrik didefinisikan sebagai bagian dari sistem tenaga listrik yang menghubungkan gardu induk atau pusat pembangkit listrik dengan konsumen. Sedangkan jaringan distribusi adalah sarana dari sistem distribusi tenaga listrik di dalam menyalurkan energi ke konsumen.<sup>[4]</sup>

Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar sampai ke konsumen. Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah:

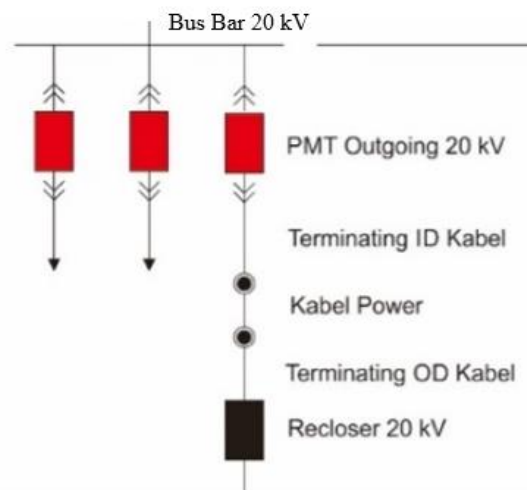
1. Pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan)
2. Merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

Berdasarkan fungsi tersebut, tenaga listrik yang akan didistribusikan dikelola dalam kubikel yang terdiri dari beberapa penyulang (*feeder*). Masing-masing penyulang terdiri dari PMT (*Circuit Breaker*), *Current Transformator* (CT), Relay, *Potential Transformator* (PT) dan *Busbar*.

Dilihat dari tegangannya sistem distribusi pada saat ini dapat dibedakan dalam dua macam yaitu<sup>[1]</sup>:

1. Distribusi Primer, sering disebut Sistem Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dengan tegangan operasi nominal 20 kV/11,6 kV. Jaringan tenaga listrik primer menyalurkan daya listrik dari gardu induk sub transmisi ke

gardu distribusi. Biasanya, jaringan ini menggunakan enam jenis jaringan yaitu system radial dan system tertutup atau *loop*, *ring*, *network spindle* dan *cluster*.

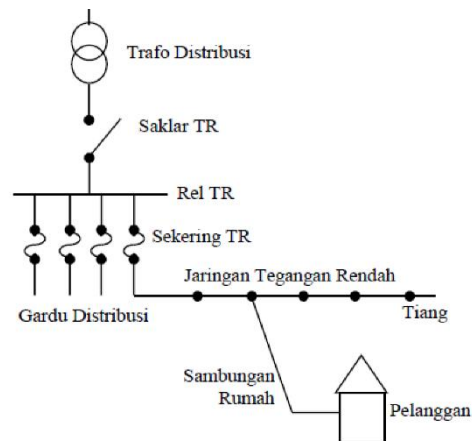


**Gambar 2- 2** Wewenang Kerja Sistem Distribusi Primer  
(Sumber: [www.slideshare.net](http://www.slideshare.net))

Wewenang kerja sistem distribusi tegangan menengah ini dioperasikan oleh pegawai ditingkat Unit Pelaksana Pengatur Distribusi (UP2D).

2. Distribusi Sekunder, sering disebut Sistem Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dengan tegangan operasi nominal 380/220 volt. Sebagaimana halnya dengan distribusi primer, terdapat pula pertimbangan perihal keadaan pelayanan dan regulasi tegangan, sistem distribusi sekunder digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu distribusi ke beban-beban yang ada di konsumen. Pada sistem distribusi sekunder bentuk saluran yang paling banyak digunakan ialah sistem radial.

Wewenang kerja sistem distribusi tegangan rendah ini dioperasikan oleh pegawai ditingkat Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3).



**Gambar 2- 3** Wewenang Kerja Sistem Distribusi Sekunder

Sumber : <http://oneforallindo.blogspot.com>

Dari beberapa bagian dalam penyaluran sistem tenaga listrik, yang akan dibahas pada Laporan Tugas Akhir ini lebih terfokuskan pada sistem penyaluran distribusi tegangan menengah 20 kV.

### 2.2.3 Manuver Jaringan Distribusi 20 KV

Manuver merupakan kegiatan sebelum dan sesudah pekerjaan instalasi, baik pada instalasi pembangkitan maupun penyaluran. Kegiatan manuver berupa pembukaan atau penutupan komponen sistem tenaga listrik.<sup>[5]</sup> Kegiatan manuver juga sering disebut dengan kegiatan memanipulasi jaringan distribusi terhadap operasi normal dari jaringan akibat dari adanya gangguan atau pekerjaan jaringan yang membutuhkan pemadaman tenaga listrik, sehingga dapat mengurangi daerah pemadaman dan agar tetap tercapai kondisi penyaluran tenaga listrik yang semaksimal mungkin. Kegiatan yang dilakukan dalam manuver jaringan antara lain<sup>[6]</sup> :

1. Memisahkan bagian-bagian jaringan yang semula terhubung dalam keadaan bertegangan ataupun tidak bertegangan dalam kondisi normalnya.

2. Menghubungkan bagian-bagian jaringan yang semula terpisah dalam keadaan bertegangan ataupun tidak bertegangan dalam kondisi normalnya.

Optimalisasi atas keberhasilan kegiatan manuver jaringan dari segi teknis dapat ditentukan dari konfigurasi jaringan dan peralatan manuver yang tersedia di sepanjang jaringan.

### **2.2.3.1 Tujuan Manuver Jaringan Distribusi**

Tujuan dilakukannya pelimpahan beban yaitu :

1. Mempercepat penormalan jaringan.
2. Pengaturan distribusi beban jaringan.
3. Pertimbangan keandalan jaringan.
4. Pertimbangan kemudahan jaringan.

Pelaksana pelimpahan beban jaringan distribusi biasanya dilakukan dalam rangka pemeliharaan jaringan, adanya gangguan, dan guna keandalan suatu wilayah atau tempat. Petugas yang memberikan perintah pelimpahan beban jaringan distribusi 20 KV yaitu :

1. Dispatcher Unit Pelaksana Pengatur Distribusi (UP2D)
2. Dispatcher Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3)
3. Dispatcher Unit atau Rayon
4. Pengawas Lapangan
5. Petugas pelaksana atau Petugas gangguan

### 2.2.3.2 Syarat Manuver Jaringan Distribusi

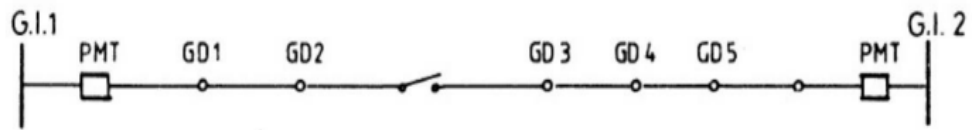
Syarat – syarat yang harus dipenuhi saat melakukan manuver jaringan distribusi adalah<sup>[7]</sup> :

1. Tegangan 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 atau *switching* harus dalam keadaan baik untuk beroperasi.
5. Frekuensi antara kedua penyulang yang akan dimanuver dalam keadaan sama.
6. Jaringan yang dimanuver harus dalam satu subsistem yang sama, apabila berbeda subsistem akan terjadi pemadaman sesaat.

Apabila kedua penyulang berasal dari transformator yang berbeda tegangannya maka harus dimintakan persamaan tegangan terlebih dahulu ke pihak UP2D atau Area atas permintaan Rayon.

### 2.2.4 Konfigurasi Jaringan *Tie-Line*

Konfigurasi jaringan *tie-line* adalah konfigurasi jaringan dengan sistem setiap gardu distribusi akan mendapat *supply* dari dua penyulang. Sistem ini memiliki minimal dua penyulang biasanya dilengkapi dengan tambahan *Automatic Change Over Switch* atau *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.<sup>[8]</sup>



**Gambar 2- 4** Konfigurasi Jaringan *Tie-Line*

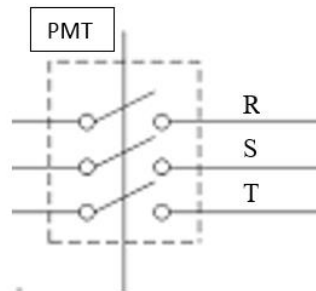
Sumber : SPLN 59. 1985. Keandalan Sistem Pada Distribusi 20 KV dan 6 KV

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.

## 2.2.5 Peralatan *Switching* Jaringan Distribusi

### 2.2.5.1 Pemutus Tenaga/*Circuit Breaker* (PMT)

Berdasarkan *IEV (International Electrotechnical Vocabulary)* 441-14-20 disebutkan bahwa *Circuit Breaker* (CB) atau pemutus tenaga (PMT) merupakan peralatan saklar atau *switching* mekanis, yang mampu menutup, mengalirkan dan memutus arus beban dalam kondisi normal serta mampu menutup, mengalirkan (dalam periode waktu tertentu) dan memutus arus beban dalam spesifik kondisi abnormal atau gangguan seperti kondisi *short circuit* atau hubung singkat.<sup>[9]</sup>



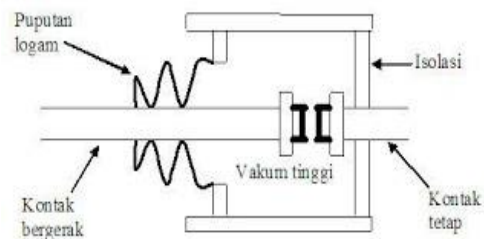
**Gambar 2- 5 Single Line PMT**  
 Sumber : <http://digilib.polban.ac.id>

Fungsi utamanya adalah sebagai alat pembuka atau penutup suatu rangkaian listrik dalam kondisi berbeban, serta mampu membuka atau menutup saat terjadi arus gangguan (hubung singkat) pada jaringan atau peralatan lain. PMT dilengkapi juga dengan peredam busur api. Peredam ini digunakan saat PMT membuka (*open*) dalam keadaan berbeban agar letupan api yang dihasilkan bisa diredam. Peredam busur api PMT biasanya berupa : gas SF<sub>6</sub>, banyak minyak (*bulk oil*), sedikit minyak (*small oil*), dan hampa udara (*vacuum*).



**Gambar 2- 6 PMT 20 KV**  
 Sumber : Dokumen Pribadi

Prinsip kerja PMT dimulai saat kontak dibuka, maka pada katoda kontak terjadi emisi termis dan medan tegangan yang tinggi yang memproduksi elektron-elektron bebas. Elektron hasil emisi ini bergerak menuju anoda, elektron-elektron bebas ini tidak bertemu dengan molekul udara sehingga tidak terjadi proses ionisasi. Akibatnya, tidak ada penambahan elektron bebas yang mengawali pembentukan busur api. Dengan kata lain, busur api dapat dipadamkan.

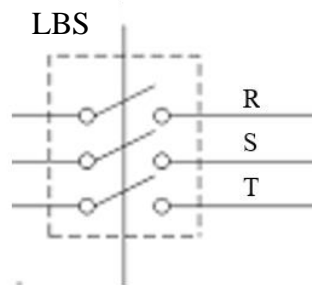


**Gambar 2- 7** Prinsip kerja PMT

Sumber : <https://id.scribd.com/document/328377343/PMT-Vakum>

#### **2.2.5.2 Load Break Switch (LBS) Three Ways**

*Load Break Switch* (LBS) merupakan saklar pemutus beban yang disertai dengan peredam busur api (medium minyak, gas SF<sub>6</sub>, *vacuum interrupter*, dll) terhadap beban besar yang dapat dioperasikan dalam keadaan berbeban maupun tidak. Cara pengoperasian biasanya melalui suatu kotak panel kontrol yang terdapat di tombol sehingga pengoperasiannya lebih mudah dan aman. Tetapi, apabila panel kontrolnya tidak bisa maka dioperasikan dengan menggunakan *stick* untuk menarik tuas LBS. Biasanya setelah dimasukkan atau dilepas akan terdengar bunyi yang menandakan bahwa kondisi LBS telah berubah yakni dari NO (*normally open*) menjadi NC (*normally close*) maupun sebaliknya.<sup>[7]</sup> Peralatan ini juga dapat dioperasikan dengan kontrol jarak jauh melalui *scada* yang dioperasikan oleh *Dispatcher*.



**Gambar 2- 8 Schematic LBS**

Sumber : <http://eprints.polsri.ac.id>

*Load Break Switch* (LBS) berdasarkan sistem kerjanya :

1. *Load Break Switch* (LBS) *Join*

Saklar pemutus ini difungsikan untuk mempercepat manuver pelimpahan beban ketika terjadi gangguan, maupun adanya pekerjaan pemeliharaan. Tidak dapat melakukan pergerakan *switch* secara otomatis, biasanya dioperasikan melalui *remote* scada maupun secara lokal (menarik tuas secara langsung).

2. *Load Break Switch* (LBS) SSO (*Sectionalizer*)

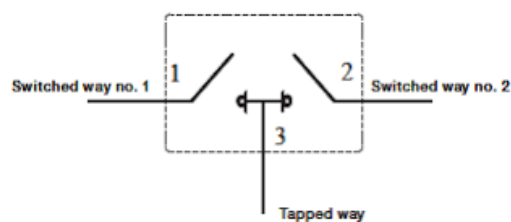
*Sectionalizer* adalah peralatan pengaman arus lebih pada sistem distribusi tenaga listrik yang berfungsi sebagai pengaman backup recloser. Pengaman ini menghitung jumlah operasi pemutusan yang dilakukan oleh perlindungan backupnya secara otomatis disisi hulu dan SSO ini membuka pada saat peralatan pengaman dalam posisi terbuka.<sup>[10]</sup> Saklar pemutus yang fungsi *sectionalizernya* diaktifkan sehingga selain dapat digunakan untuk mempercepat manuver pelimpahan beban, LBS SSO ini juga berfungsi untuk mempersempit wilayah padam dengan cara membuka *switch* penyulang yang terjadi gangguan secara otomatis untuk memisahkan

wilayah terganggu dengan wilayah normal. Membukanya *switch* secara otomatis harus memenuhi dua syarat yaitu ketika LBS SSO merasakan adanya arus gangguan dan hilang tegangan.

*Load Break Switch (LBS) Three Ways* merupakan saklar pemutus arus yang memiliki tiga saluran atau *three ways*. Pada jaringan distribusi *Load Break Switch (LBS) Three Ways* ini biasanya diaplikasikan pada persimpangan jaringan dan dapat juga sebagai penggabungan antara dua penyulang yang bertujuan untuk memindahkan daya ke penyulang cadangan saat terjadi gangguan sehingga dapat memperkecil daerah pemadaman.<sup>[11]</sup>



**Gambar 2- 9** *Load Break Switch (LBS) Three Ways* <sup>[11]</sup>

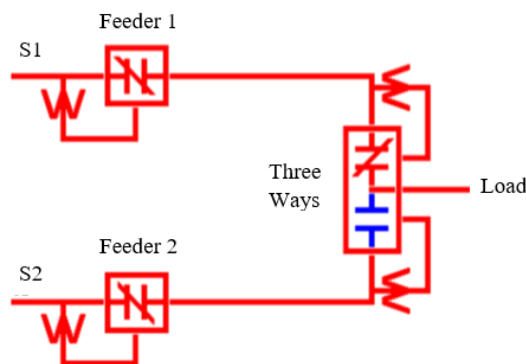


**Gambar 2- 10** *Schematic LBS Three Ways* <sup>[11]</sup>

Pada skema jaringan distribusi *loop*, dirancang untuk memulihkan pasokan tenaga listrik kepada konsumen dalam waktu yang sesingkat mungkin. Konfigurasi ini menggunakan 2 buah penyulang dan 1 buah *load break switch (LBS) three ways*

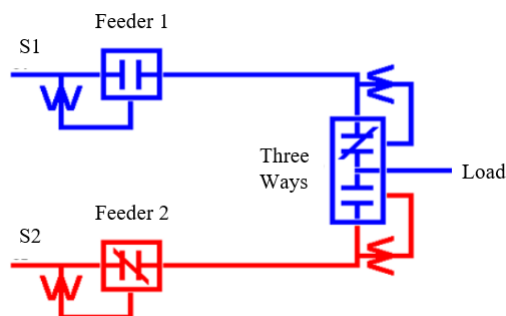
ditempatkan pada titik pertemuan kedua penyulang. Tujuannya adalah untuk mempercepat pemulihan tegangan di sisi pelanggan.

Prinsip kerja *Load Break Switch (LBS) three way* yang digunakan untuk manuver jaringan distribusi primer<sup>[11]</sup>:



**Gambar 2- 11** Loop scheme sistem jaringan normal<sup>[11]</sup>

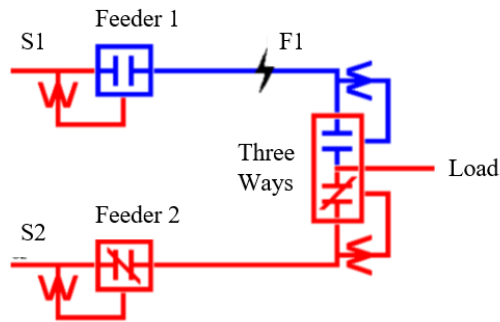
Saat penyulang (S1) dan penyulang (S2) dalam kondisi normal, maka load break switch (LBS) *three ways* terhubung dengan penyulang (S1). Sehingga beban disuplai dari penyulang (S1).



**Gambar 2- 12** Loop scheme penyulang (S1) padam<sup>[11]</sup>

Sedangkan pada gambar 2-12, penyulang (S1) trip/padam, LBS *three ways* terhubung dengan penyulang (S1). Penyulang (S1) sampai LBS *three ways* tidak ada tegangan, sehingga beban yang terhubung dengan LBS *three ways* juga mengalami pemadaman. Kemudian setelah koordinasi antara *dispatcher* UP2D

hingga pelanggan terjadi kesepakatan untuk menyuplai dari penyulang cadangan, maka LBS *three ways* terhubung dengan penyulang (S2) dan beban dari *tapped way* mendapat suplai dari penyulang (S2) seperti pada gambar 2-13.



**Gambar 2- 13** Loop scheme beban mendapat suplai dari penyulang (S2)<sup>[11]</sup>

Apabila penyulang (S1) telah diperbaiki, maka beban dari *tapped way* (*Load*) yang masih mendapat suplai dari penyulang (S2) bisa di *join* dengan penyulang (S1) untuk di kembalikan ke kondisi normal jaringan.

### 2.2.6 Gangguan Pada Jaringan Distribusi

Gangguan adalah suatu kondisi ketidaknormalan dalam sistem penyaluran tenaga listrik yang mengakibatkan mengalirnya arus yang tidak seimbang dalam sistem, sehingga menimbulkan suatu kecacatan yang mengganggu aliran normal ke beban.<sup>[9]</sup>

Gangguan dapat di klasifikasikan sebagai berikut :

1. Gangguan berdasarkan penyebabnya :
  - a. Gangguan Ekstern

Gangguan yang disebabkan karena adanya pihak diluar sistem yang menyebabkan terjadinya gangguan. Contoh : hewan, pohon, manusia dan kondisi alam.

b. Gangguan Intern

Gangguan yang disebabkan karena adanya ketidakstabilan di dalam sistem penyaluran tenaga listrik. Contoh : gangguan hubung singkat antar fasa, gangguan hubung singkat fasa-tanah, gangguan hubung singkat tiga fasa-tanah.

2. Gangguan berdasarkan lama terjadinya :

a. Gangguan Temporer

Gangguan yang hilang dengan sendirinya apabila pemutus tenaga terbuka dari saluran transmisi / distribusi untuk waktu yang singkat dan setelah itu dihubungkan kembali. Gangguan yang bersifat temporer ini apabila terjadi gangguan, maka gangguan tersebut tidak akan lama dan dapat normal kembali. Gangguan ini dapat hilang dengan sendirinya atau dengan memutus sesaat bagian yang terganggu dari sumber tegangannya. Kemudian disusul dengan penutupan kembali peralatan hubungannya. Apabila gangguan temporer sering terjadi dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan dan akhirnya menimbulkan gangguan yang bersifat permanen.

b. Gangguan Permanen

Gangguan yang tidak hilang atau tetap ada apabila pemutus tenaga terbuka pada saluran transmisi / distribusi untuk waktu yang singkat dan setelah itu dihubungkan kembali. Gangguan permanen tidak akan hilang sebelum

penyebab gangguan dihilangkan terlebih dahulu. Gangguan permanen dapat disebabkan oleh kerusakan peralatan, sehingga gangguan ini akan hilang setelah kerusakan ini diperbaiki. Terjadinya gangguan ditandai dengan jatuhnya pemutus tenaga, untuk mengatasinya operator memasukan tenaga secara manual.

Macam Gangguan yang sering terjadi pada tegangan distribusi<sup>[9]</sup> :

1. Gangguan terjadi pada kondisi tegangan normal

Gangguan pada kondisi tegangan normal terjadi dikarenakan pemerosotan dari isolasi dan kejadian-kejadian tak terduga dari benda asing. Pemerosotan dari isolasi dapat terjadi karena polusi dan penuaan. Tapi dengan adanya pengotoran / polusi pada isolator yang biasanya disebabkan oleh penumpukan jelaga atau debu pada daerah industri dan penumpukan garam karena angin yang mengandung uap garam menyebabkan kekuatan isolasi akan menurun. Hal inilah yang menyebabkan penurunan resistansi dari isolator dan menyebabkan kebocoran arus.

2. Gangguan terjadi pada kondisi tegangan lebih

Gangguan pada kondisi tegangan lebih salah satunya disebabkan sambaran petir yang tidak cukup teramankann oleh alat-alat pengaman petir. Petir menghasilkan surja tegangan yang sangat tinggi pada sistem tenaga listrik, besarnya tegangan dapat mencapai jutaan volt dan ini tidak dapat ditahan oleh isolasi.

3. Statistik gangguan

Pada sistem tenaga terjadinya gangguan hampir sebagian besar dialami pada saluran udara. Dalam sistem kegagalan isolasi diantara dua fasa disebut gangguan saluran ke saluran, sedangkan kegagalan isolasi dua fasa ke tanah disebut gangguan dua fasa ke tanah, menurunnya isolasi diantara tiga fasa disebut gangguan tiga fasa. Gangguan yang terjadi pada sistem distribusi biasanya merupakan gangguan yang terkait dengan saluran penghantar dan peralatan gardu distribusi seperti trafo distribusi, kawat pentahanan dan sebagainya.

#### 4. Gangguan beban lebih

Gangguan beban lebih terjadinya karena pembebanan sistem distribusi yang melebihi kapasitas sistem terpasang. Gangguan ini sebenarnya bukan gangguan murni, tetapi bila dibiarkan terus-menerus berlangsung dapat merusak peralatan. Beban lebih adalah sejumlah arus yang mengalir yang lebih besar dari arus nominal. Hal ini terjadi karena akan merusak perlengkapan listrik tetapi mengurangi umur peralatan listrik.

Akibat yang disebabkan oleh terjadinya gangguan<sup>[9]</sup> :

1. Penurunan tegangan yang cukup besar pada sistem daya sehingga dapat merugikan pelanggan atau mengganggu kerja peralatan listrik
2. Bahaya kerusakan pada peralatan yang diakibatkan oleh *arcing* (busur api listrik)
3. Bahaya kerusakan pada peralatan akibat *overheating* (pemanasan berlebih) dan akibat tekanan mekanis (alat pecah dan sebagainya)

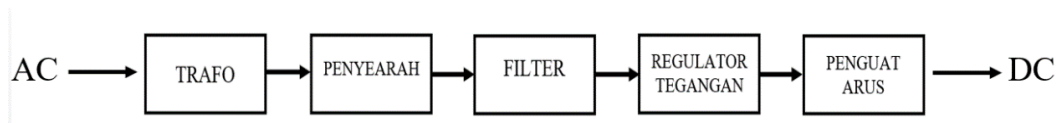
4. Terganggunya stabilitas sistem yang dapat menimbulkan pemadaman menyeluruh pada sistem tenaga listrik

### **2.2.7 Catu Daya**

Catu daya atau sering disebut dengan *Power Supply* adalah perangkat elektronika yang berguna sebagai sumber daya untuk perangkat lain yang mempunyai *input* tegangan AC (*Alternating Current*) dan mempunyai *output* tegangan DC (*Direct Current*). Tegangan sumber AC awalnya ditransformasikan oleh transformator *step-down* menjadi tegangan AC dengan besaran yang lebih kecil. Kemudian tegangan *output* transformator yang masih berupa tegangan AC disearahkan oleh *rectifier* / dioda dengan penyearah gelombang penuh 4 dioda, setelah disearahkan tegangan *output rectifier* menjadi tegangan DC denyut yang masih harus difilter untuk menjadi tegangan DC murni. Kemudian untuk mendapat besaran tegangan yang dibutuhkan dan stabil digunakan *regulator* tegangan yang bekerja sesuai dengan tegangan referensinya. Dari serangkaian proses tersebut maka dihasilkan tegangan DC yang digunakan untuk *supply* perangkat elektronika<sup>[12]</sup>.

#### **2.2.7.1 Prinsip Kerja *Power Supply* (Catu Daya)**

Untuk mengubah bentuk gelombang dari sinyal AC ke DC diperlukan beberapa tahapan. Tahapan tersebut diantaranya tahap transformator (*step down* tegangan), penyearahan (*rectifier*), penyaringan (*filter*) dan tahap regulasi (*regulator*).



**Gambar 2- 14** Diagram blok *Power Supply*  
 Sumber : teknikelektronika.com

### 1. Transformator

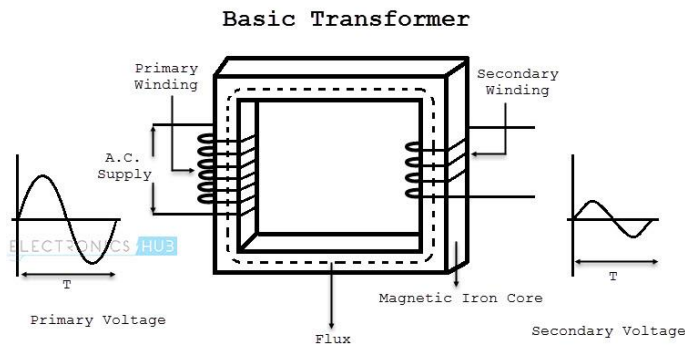
Transformator adalah alat gandingan *electromagnet*, atas dasar induksi magnet yang dapat mengubah dan memindahkan besaran listrik bolak-balik dari satu rangkaian ke rangkaian lain tanpa disertai perubahan besaran frekuensi<sup>[13]</sup>. Transformator yang digunakan untuk catu daya adalah transformator jenis *step-down* yang berfungsi untuk menurunkan tegangan listrik sesuai dengan kebutuhan komponen elektronika yang terdapat pada rangkaian catu daya (*DC power supply*).



**Gambar 2- 15** Transformator *Stepdown*<sup>[7]</sup>

Transformator bekerja berdasarkan prinsip kerja induksi elektromagnetik yang terdiri dari 2 bagian utama yang berbentuk lilitan yaitu lilitan primer dan lilitan sekunder. Lilitan primer merupakan *input* dari pada transformator sedangkan *output*-nya adalah pada lilitan sekunder. Meskipun tegangan telah diturunkan, *output* dari transformator masih berbentuk arus bolak-balik (arus AC) yang harus diproses. Jadi dalam transformator,

tegangan AC dari PLN yaitu 220V AC diturunkan menjadi 24V AC (atau sesuai kebutuhan).



**Gambar 2- 16** Prinsip kerja Trafo *step down*

Sumber : <https://www.electronicshub.org/step-down-transformer/>

Prinsip kerja transformator menggunakan Hukum Induksi Faraday. Pada saat gelombang bolak-balik dititik nol, maka mengalirlah fluks magnet dalam inti trafo ke sisi sekunder sehingga belitan sekunder terinduksi dan menimbulkan tegangan induksi  $E_2$ . Pada saat yang sama tegangan induksi primer merambah dari nol ke maksimum lagi, sehingga antara tegangan induksi primer dan sekunder berbeda  $180^\circ$ . Maka oleh Faraday, tegangan induksi dinyatakan negatif dari perubahan fluks yang mengakitkannya (timbul beda potensial).<sup>[13]</sup> Beda potensial menyebabkan timbulnya gaya gerak listrik (GGL). Nilai besar GGL dari sebuah transformator berbanding lurus dengan besar perubahan fluks pada saat terjadi induksi. Apabila sisi primer transformator dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, sementara sisi sekunder transformator dalam keadaan tidak berbeban, maka di sisi primer akan mengalir arus yang disebut arus beban nol ( $I_0$ ). Arus beban nol akan membangkitkan fluks bolak-balik pada inti besi transformator.<sup>[12]</sup>

Fluks bolak-balik tersebut dilingkupi oleh belitan primer dan belitan sekunder, sehingga pada kedua kumparan timbul gaya gerak listrik yang besarnya:

$$E_1 = 4,44.N_1.f_1.\phi \dots\dots\dots \text{Persamaan (2-1)}$$

$$E_2 = -4,44.N_2.f_2.\phi \dots\dots\dots \text{Persamaan (2-2)}$$

Sehingga,

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Dengan mengabaikan rugi tahanan dan adanya fluks bocor, maka perbandingan transformasi menjadi:

$$a = \frac{E_1}{E_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \dots\dots\dots \text{Persamaan (2-3)}$$

Trafo ideal ialah trafo yang mempunyai efisiensi sebesar 100%. Efisiensi sebesar 100% didapat apabila rugi-rugi pada trafo diabaikan sehingga trafo tersebut dianggap ideal. Pada trafo ideal mempunyai perbandingan daya primer dan daya sekunder yang sama sehingga berlaku:

$$P_1 = P_2$$

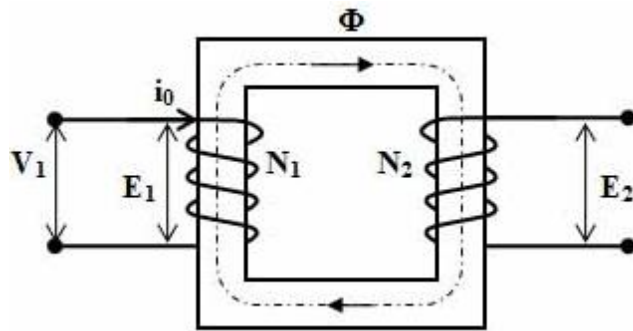
$$V_1 \cdot I_1 = V_2 \cdot I_2$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{V_2}{V_1} \dots\dots\dots \text{Persamaan (2-4)}$$

Sehingga berlaku hubungan,

$$a = \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} \dots\dots\dots \text{Persamaan (2-5)}$$

Ketika kumparan sekunder dihubungkan dengan beban L, maka pada belitan sekunder akan mengalir arus I<sub>2</sub> sebesar I<sub>2</sub> = V<sub>2</sub>/L.



**Gambar 2- 17** Konstruksi Transformator

Sumber : <http://www.insinyoer.com>

Keterangan gambar :

$V_1$  = Tegangan primer (Volt)

$N_1$  = Jumlah belitan primer

$V_2$  = Tegangan sekunder (Volt)

$N_2$  = Jumlah belitan sekunder

$E_1$  = Gaya gerak listrik pada belitan primer (Volt)

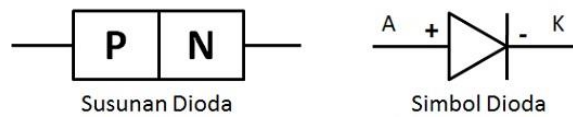
$E_2$  = Gaya gerak listrik pada belitan sekunder (Volt)

$I_0$  = Arus beban nol

$\phi$  = fluks magnetik pada inti (Weber)

## 2. Penyearahan (*rectifier*)

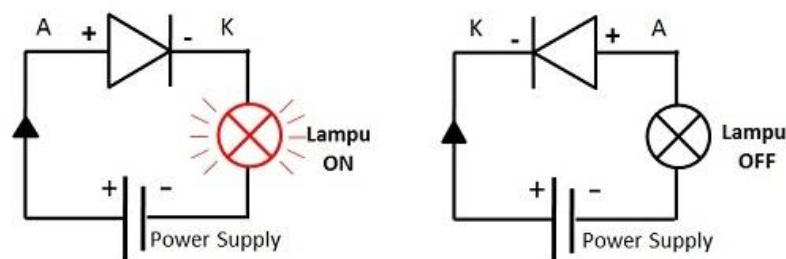
*Rectifier* atau penyearah merupakan suatu rangkaian dalam catu daya yang berfungsi menyearahkan tegangan AC dari transformator *step down* menjadi tegangan DC. Komponen pada rangkaian penyearah adalah dioda. Dioda adalah suatu bahan semikonduktor (silikon) yang tersusun atas 'pn *junction*' dan didesain sedemikian rupa sehingga mampu menghasilkan arus pada satu arah saja.<sup>[14]</sup>



**Gambar 2- 18** Susunan dan simbol dioda

Sumber : <https://teknikelektronika.com>.

Dioda semikonduktor hanya dapat melewatkan arus pada satu arah saja, ketika dioda memperoleh satu arah maju (*forward bias*) yaitu dengan menghubungkan kutub anoda dengan tegangan positif (+) dan katoda dengan tegangan negatif (-). Dalam kondisi ini, dioda dapat menghantarkan arus dengan tahanan dalam yang relatif kecil. Sebaliknya jika dioda diberi *reverse bias* yaitu ketika kutub anoda dihubungkan dengan tegangan negatif (-) dan kutub katoda dihubungkan dengan tegangan positif (+), maka arus akan sulit mengalir disebabkan tahanan dalam dioda yang besar. Arus yang mengalir hampir nol sehingga pada kondisi ini dioda bersifat isolator.

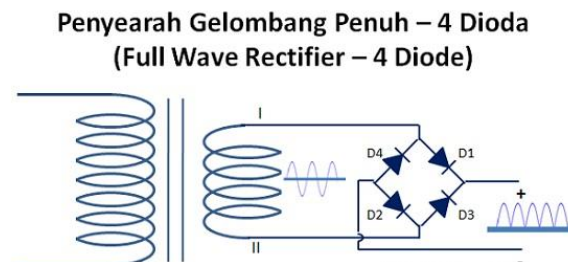


**Gambar 2- 19** Prinsip Kerja Dioda

Sumber : [elektronikahobyist.com](http://elektronikahobyist.com)

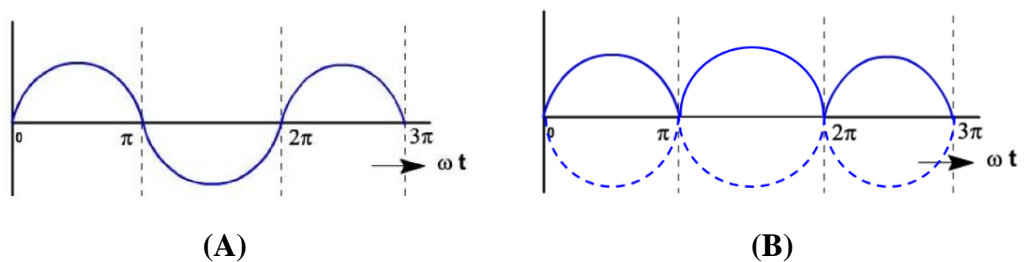
Jika dioda diberi tegangan maju (*forward bias*), dimana tegangan sisi P lebih besar dari sisi N, elektron dengan mudah mengalir dari sisi N mengisi kekosongan elektron (*hole*) di sisi P. Sebaliknya jika diberi tegangan balik (*reverse bias*), dapat dipahami tidak ada elektron yang dapat mengalir dari sisi N mengisi *hole* di sisi P, karena tegangan potensial di sisi N lebih tinggi.

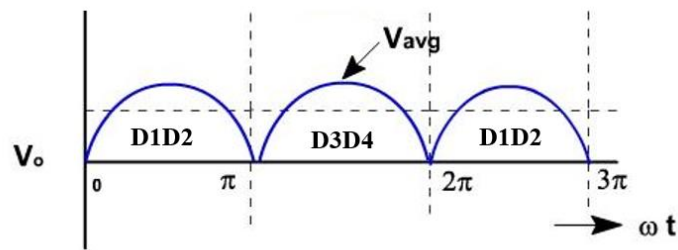
Apabila dioda mendapat *forward* bias lampu dapat menyala, sedangkan apabila dioda mendapat *reverse* bias lampu tidak dapat menyala karena arus sumber tegangan tertahan.<sup>[12]</sup>



**Gambar 2- 20** Rangkaian *Rectifier*  
Sumber : [teknikelektronika.com](http://teknikelektronika.com)

Rangkaian 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. Owen Bishop (2002) menyatakan bahwa selama setengah siklus positif, dioda D1 dan dioda D2 diberi bias maju, sehingga keduanya menghantarkan arus. Sementara dioda D3 dan dioda D4 diberi bias mundur sehingga keduanya tidak menghantarkan arus.



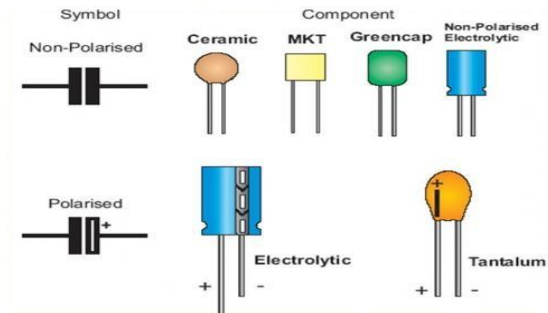


**Gambar 2- 21 (C)** Output gelombang rectifier  
 Sumber : ryanrpu.student.telkomuniversity.ac.id

Sehingga gelombang yang dihasilkan setelah melewati dioda adalah gelombang DC denyut tidak lagi gelombang sinusoidal (AC). Gelombang DC yang dihasilkan masih membentuk gelombang DC denyut dengan *ripple* yang besar.

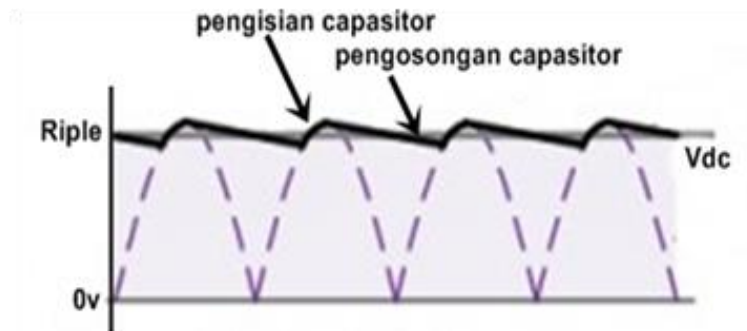
### 3. Penyearangan (*filter*)

*Filter* atau penyearang pada rangkaian catu daya berupa komponen kapasitor, yang merupakan komponen elektronika yang dapat menyimpan muatan listrik. Pada dasarnya kapasitor merupakan alat penyimpan muatan listrik yang dibentuk dari dua permukaan (piringan) yang berhubungan, tetapi dipisahkan oleh suatu penyekat. Bila elektron berpisah dari satu plat ke plat yang lain, akan terdapat muatan diantara mereka pada medium penyekat tadi.<sup>[15]</sup> Sehingga kapasitor dapat berfungsi untuk meratakan sinyal arus yang keluar dari *rectifier* atau penyearah. 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 memiliki *ripple* yang kecil mendekati DC murni.



**Gambar 2- 22** Simbol dan bentuk kapasitor  
 Sumber : <https://teknikelektronika.com>.

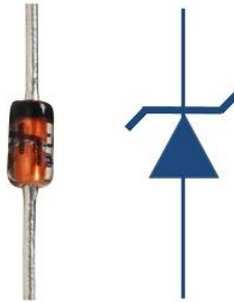
Kapasitor memiliki kemampuan untuk pengisian (*charging*) dan pengosongan (*discharging*). Kemampuan ini yang membuat kapasitor bisa berfungsi untuk mengurangi *ripple* pada arus listrik. Ketika gelombang mengalami penurunan nilai, maka kapistor akan melakukan *discharge* sehingga bentuk gelombang mengalami kestabilan atau lurus. Semakin besar nilai kapasitansi suatu kapasitor maka itu semakin baik hasilnya.



**Gambar 2- 23** Prinsip kerja pengisian dan pengosongan kapasitor  
 Sumber : <https://teknikelektronika.com>.

4. Regulasi Tegangan (*Regulator*)

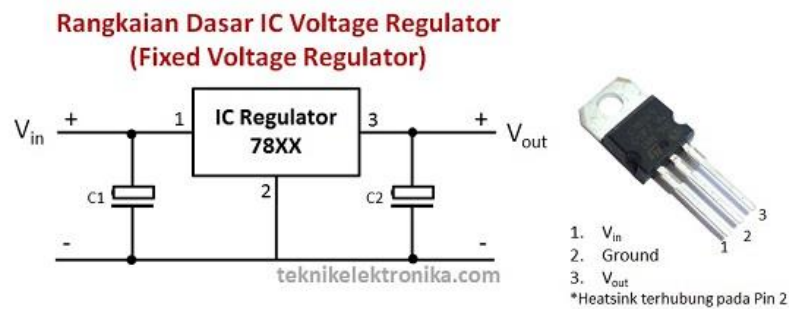
Regulator Tegangan diperlukan untuk menstabilkan tegangan yang sudah disearahkan. Ketidakstabilan suatu sumber daya bisa disebabkan oleh perubahan jaringan AC dari PLN atau dipengaruhi perubahan beban. Regulator tegangan ini mampu mengatasi kedua jenis perubahan tersebut.



**Gambar 2- 24** Bentuk dan simbol dioda zener  
Sumber : <http://lang8088.blogspot.com>

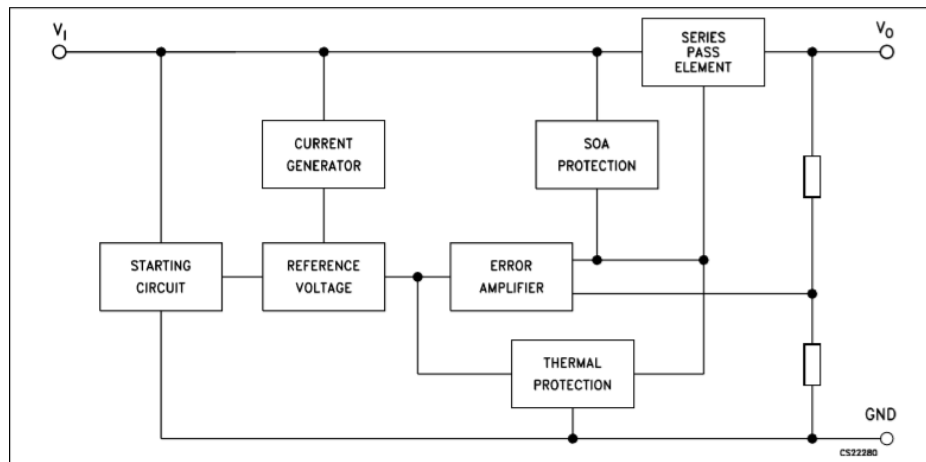
Komponen elektronika yang digunakan sebagai regulator tegangan adalah dioda zener. Ciri khas dioda zener yakni bila dibias *forward*, maka dioda zener akan bertindak sebagai dioda pada umumnya, sedangkan bila dibias *reverse* dioda zener akan mengalirkan arus dari katoda ke anoda dengan syarat diberi catu tegangan yang lebih besar dari tegangan referensi dioda tersebut. Dioda zener akan memberikan tegangan *output* yang relatif tetap sesuai dengan tegangan referensi zener tersebut. Namun ketika tegangan yang melewati dioda zener sudah melewati batas toleransi yang diijinkan dari referensi, maka dioda zener sudah tidak mampu lagi menahan tegangan tersebut. Akibatnya, kondisi dioda zener akan mengalami kerusakan.<sup>[12]</sup>

Biasanya rangkaian regulator tegangan sudah dikemas dalam bentuk rangkaian yang terintegrasi (IC). IC regulator tegangan tetap memiliki seri 78XX untuk tegangan positif dan seri 79XX untuk tegangan negatif. Contoh IC 7812 adalah regulator tegangan positif. Namun dalam alat ini hanya menggunakan IC seri 78XX saja.



**Gambar 2- 25** Rangkaian IC Regulator<sup>[9]</sup>

Besar tegangan output IC seri 78XX dan 79XX ini dinyatakan pada dua angka terakhir serinya. Contoh IC 7824 adalah regulator tegangan positif dengan tegangan output 24 V, sedangkan IC 7924 adalah regulator tegangan negatif dengan tegangan output -24 V. Sehingga, IC Regulator juga dapat digunakan sebagai komponen pembatas tegangan yang akan dialirkan sesuai dengan kebutuhan.



**Gambar 2- 26** Diagram Blok IC 78XX

Sumber : Datasheet IC 78XX

Pada gambar 2-29 yang merupakan blok diagram internal IC 78XX, blok tegangan referensi adalah dimana dioda zener berada. Bila tegangan input yang masuk pada LM78XX sesuai dengan tegangan minimalnya maka output zener akan tetap sesuai dengan tegangan referensinya, namun bila input berada dibawah nilai tersebut, maka zener akan *cut-off*. Rangkaian *pass element* dan *error amplifier* digunakan untuk mengatur parameter pada rangkaian sehingga tegangan output akan tetap konstan meskipun arus beban dan tegangan input berubah. IC 78XX dilengkapi dengan *thermal protection*, yakni jika disipasi daya pada regulator terlalu besar maka tegangan *output* regulator akan turun ke 0 V sampai IC dingin kembali.

Tabel 2-1 menunjukkan beberapa tipe IC regulator beserta referensi tegangannya (Terdapat dalam lampiran 1).<sup>[16]</sup>

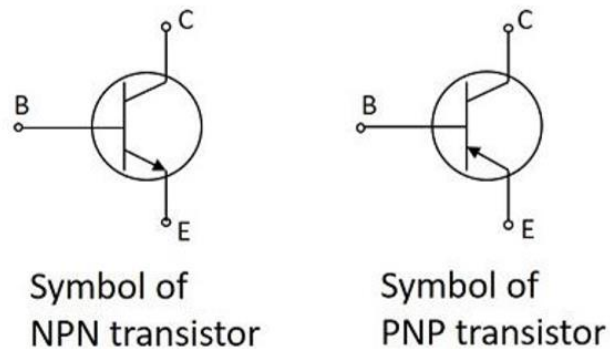
**Tabel 2- 1** Tipe IC Regulator

Tipe Regulator	V <sub>in</sub> min	V <sub>in</sub> maks	V <sub>out</sub>	I <sub>out</sub> Min	I <sub>out</sub> Maks
7805	8 V	20 V	5 V	5 mA	1 A

7812	15,5 V	27 V	12 V	5 mA	1 A
7824	35 V	40 V	24 V	5 mA	1 A

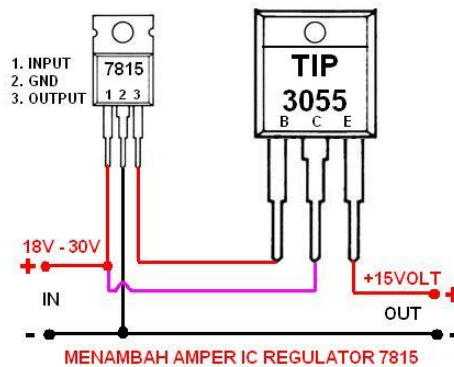
Batasan nilai tegangan masukan IC regulator yang terdapat dalam tabel adalah nilai DC, bukan tegangan sekunder dari trafo. Dapat diambil kesimpulan bahwa nilai tegangan output akan tetap konstan meskipun tegangan input bervariasi, namun dalam *range* tertentu. Di dalam datasheet, komponen IC regulator tegangan hanya bisa dilewati arus maksimal 1 A. Kemampuan memberikan catu daya dari IC regulator tegangan dapat ditingkatkan kapasitasnya dengan menambahkan transistor NPN untuk tegangan positif atau PNP untuk tegangan negatif. Transistor merupakan alat dengan tiga terminal seperti yang diperlihatkan pada gambar 2-30. Setelah bahan semikonduktor dasar diolah, terbentuklah bahan semikonduktor jenis p dan n. Transistor merupakan tiga lapis gabungan kedua jenis bahan tadi yaitu n p n dan p n p.<sup>[15]</sup> Ketiga terminal transistor disebut *Emitter*, *Basis*, dan *Collector*. Prinsip kerja transistor ini adalah arus akan mengalir dari kolektor menuju emitor apabila kaki basis diberikan arus atau tegangan. Sedikit saja arus atau tegangan kita berikan ke kaki basis, maka arus yang besar akan mengalir dari kolektor ke emitor. Perbandingan arus kolektor yang mengalir ke emitor dan arus basis yang diberikan dinamakan penguatan atau Gain.

Variasi arus basis yang diberikan juga akan mengakibatkan variasi besarnya arus yang mengalir di kolektor ke emitor.<sup>[12]</sup>



**Gambar 2- 27** Simbol Transistor  
 Sumber : <http://elecshare.blogspot.com>

Dengan penambahan transistor, maka sebagian besar dari arus akan dilewatkan pada transistor ini, sehingga IC regulator tegangan hanya berfungsi sebagai pengontrol tegangan saja dan transistor berfungsi sebagai penguat arus.



**Gambar 2- 28** Rangkaian Penguat Arus  
 Sumber : [www.baharelectronic.com](http://www.baharelectronic.com)



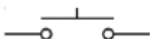

### 2.2.8 Switch

*Switch* merupakan alat yang dapat atau memiliki fungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran listrik (arus listrik) pada jaringan arus

listrik kuat maupun jaringan arus listrik lemah.<sup>[17]</sup> *Switch* merupakan komponen yang dapat memutus atau menyambungkan aliran listrik ada suatu jaringan listrik.

Macam – macam *switch* :

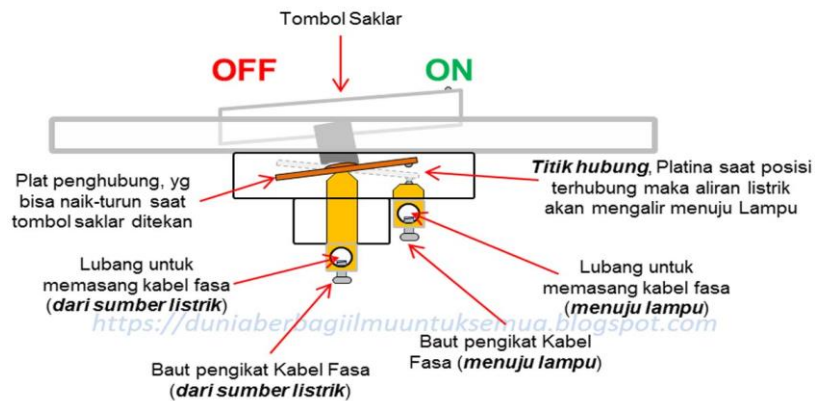
1. *Push Button* adalah tipe *switch* atau saklar yang menghubungkan aliran listrik sesaat sata jika ditekan dan setelah dilepas, maka kembali ke posisi *off*.
2. *Selector Switch* menyediakan beberapa posisi *on* dan *off*. Terdapat beberapa posisi dengan berbagai tipe geser maupun putar.

JENIS SAKLAR (SWITCH)	SIMBOL SAKLAR	CONTOH FISIK
SPST Saklar On-Off sederhana		
Saklar Push-On Kedua terminal akan terhubung   selama ditekan		

**Gambar 2- 29** Jenis-jenis Saklar

Sumber : <https://www.tneutron.net/elektro/>

Prinsip kerja saklar sendiri pada saat saklar pada posisi ON, maka plat penghubung berada pada posisi turun (menyentuh terminal titik hubung) sehingga akan mengalirkan listrik ke lampu. Sebaliknya jika saklat pada posisi OFF, maka plat penghubung terpisah dengan terminal titik hubung, yang menyebabkan arus listrik tidak dapat mengalir.

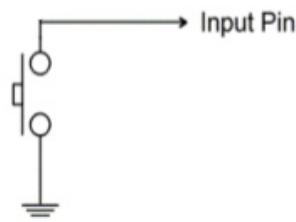


**Gambar 2- 30** Prinsip kerja saklar  
 Sumber : duniaberbagiilmuuntuksemua.com

### 2.2.9 Pull Down

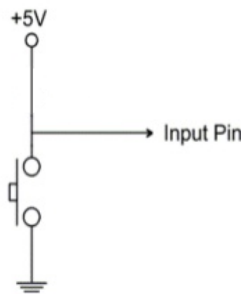
Rangkaian *pull down* adalah rangkaian yang biasanya digunakan untuk *switch* atau *push button*, sebagai data *input* ke mikrokontroler yang terkadang terjadi masalah nilai tidak terbaca atau nilai *input* tersebut mengambang (*float state*, antara *high* dan *low*). Untuk mengatasi masalah tersebut dapat digunakan resistor *pull-up* atau *pull-down*. Pada dasarnya baik resistor *pull-up* maupun *pull-down*, keduanya sama-sama berfungsi untuk menghindari suatu node mengalami nilai yang mengambang (*float*, antara *low* dan *high*).<sup>[18]</sup>

Dalam rangkaian digital dikenal sinyal *high* dan *low* atau 1 dan 0. Pada rangkaian digital 5 volt sinyal *high* adalah 5 volt dan sinyal *low* adalah 0 volt, sedangkan pada rangkaian 3,3 volt sinyal *high* adalah 3,3 volt dan sinyal *low* adalah 0 volt. Tentunya sinyal *high* tidak harus persis 5 atau 3,3 volt tergantung dari toleransi rangkaian dan “*Integrated Circuit*” yang digunakan.



**Gambar 2- 31** Rangkaian *switch* mikrokontroler<sup>[18]</sup>

Jika *switch* ditekan, pin *input* mikrokontroler akan terhubung ke *ground* sehingga mikrokontroler akan membaca sinyal *low* pada pin tersebut. Tetapi jika *switch* tidak ditekan sinyal tidak terdefinisi. Pin *input* mikrokontroler tidak terhubung ke tegangan apapun sehingga sinyal yang dibaca adalah random, yang berarti bisa saja *high* atau *low*. Kondisi dimana sinyal tidak terdefinisi disebut “*floating*”.

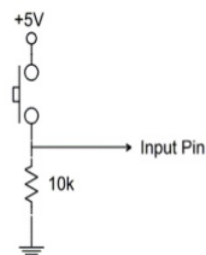


**Gambar 2- 32** Rangkaian *switch* dengan  $V_{in}$ <sup>[18]</sup>

Dengan ditambahkan tegangan 5 volt pada pin input, masalah “*floating*” telah diselesaikan. Akan tetapi muncul satu masalah baru, yaitu ketika *switch* ditekan tegangan 5 volt akan terhubung langsung dengan *ground*, sehingga arus yang sangat besar akan mengalir antara tegangan 5 volt dan *ground*. Kondisi ini disebut *short circuit*. Untuk menghindari adanya *short circuit* dapat dipasang

resistor untuk membatasi arus. Dengan penambahan resistor maka masalah *short circuit* telah diselesaikan.

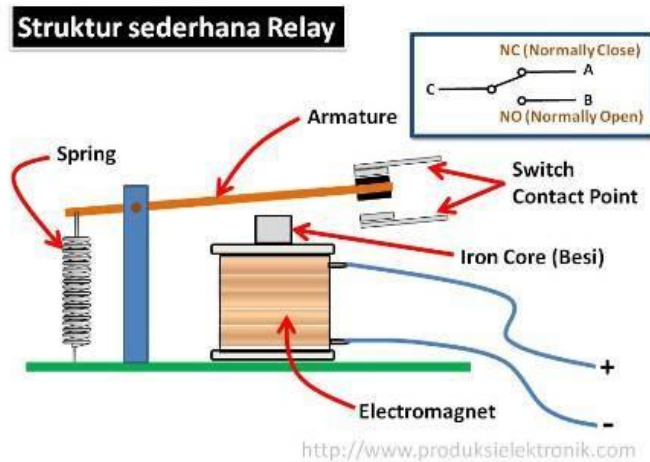
Pada rangkaian *pull down* digunakan ketika sebuah *switch* yang satu terhubung dengan sumber tegangan dan lainnya terhubung dengan pin *input* mikrokontroler akan cenderung mengalami masalah kondisi *float* untuk keadaan *low*. Dengan menambahkan sebuah resistor menuju *ground*, yang dirangkai paralel dengan jalur yang menuju input pin mikrokontroler masalah *float low* telah terselesaikan. Sehingga, bila *switch* ditekan akan memberikan data *input* bernilai logika high pada mikrokontroler. Sementara pada saat tidak ditekan, nilai yang diterima mikrokontroler tidak lagi *float*, melainkan telah bernilai *low*.<sup>[18]</sup>



**Gambar 2- 33** Rangkaian *Pull Down*<sup>[18]</sup>

### 2.2.10 Relay 24 V DC

Relay adalah komponen elektronika berupa saklar atau *switch* yang dioperasikan menggunakan listrik. Relay juga biasanya disebut sebagai komponen elektromekanikal yang terdiri dari dua bagian utama yaitu *coil* atau elektromagnet dan saklar atau mekanikal.<sup>[2]</sup>



**Gambar 2- 34** Prinsip Kerja Relay

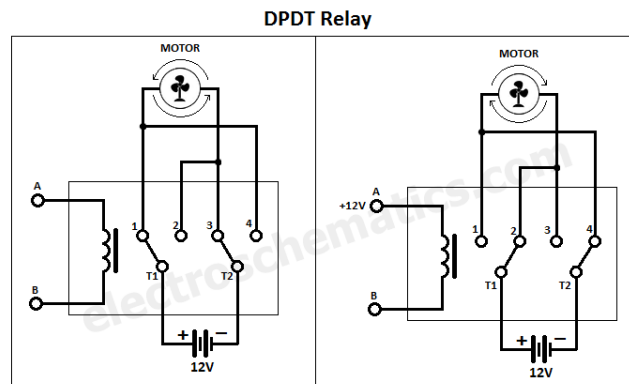
Sumber : <http://www.immersa-lab.com>

Relay bekerja dengan prinsip sebuah besi (*iron core*) yang dililit oleh sebuah kumparan coil yang berfungsi untuk mengendalikan tuas tersebut. Apabila kumparan coil diberikan arus listrik, maka akan timbul gaya elektromagnet yang kemudian menarik *armature* untuk berpindah dari posisi sebelumnya (NO) ke posisi baru (NC) sehingga menjadi saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi barunya (NC). Posisi dimana *armature* tersebut berada sebelumnya (NC) akan menjadi *open* atau tidak terhubung pada saat tidak dialiri arus listrik.

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

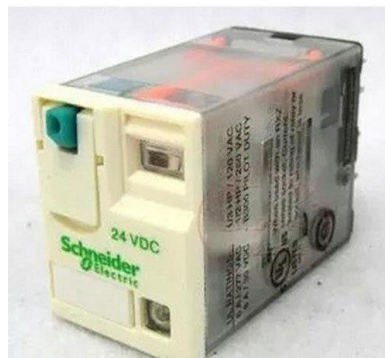
- 1) *Single Pole Single Throw* (SPST)
- 2) *Single Pole Double Throw* (SPDT)
- 3) *Double Pole Single Throw* (DPST)

#### 4) *Double Pole Double Throw* (DPDT)



**Gambar 2- 35 Schematic DPDT Relay**  
Sumber : [www.electroschematics.com](http://www.electroschematics.com)

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



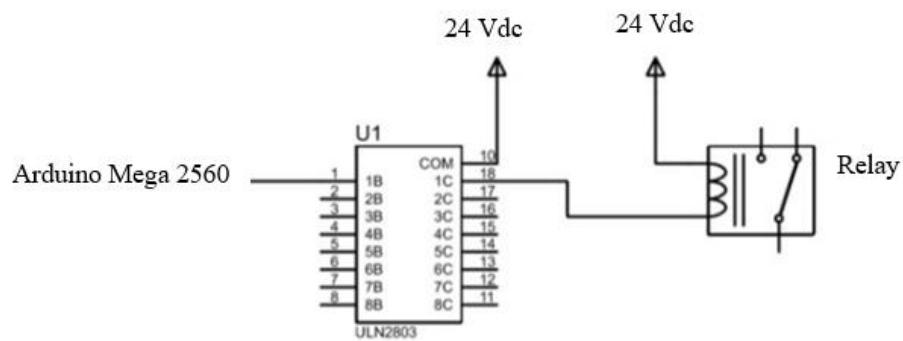
**Gambar 2- 36 Relay DPDT Schneider 24V DC**  
Sumber : Dokumen Pribadi

#### 2.2.11 Driver Relay IC ULN 2803

*Driver relay* merupakan rangkaian yang digunakan untuk menggerakkan *relay*. Rangkaian ini digunakan sebagai *interface* antara *relay* yang memiliki



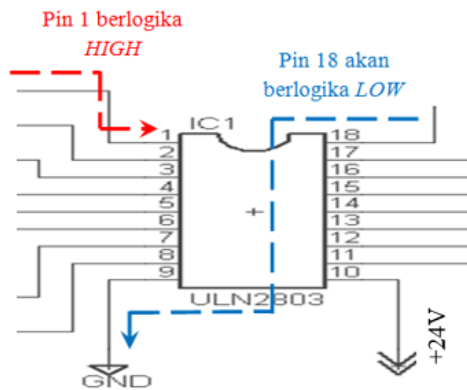
Secara fisik ULN2803 adalah konfigurasi IC 18-pin dan berisi delapan transistor *Darlington npn*. Pins 1-8 menerima sinyal tingkat rendah, pin 9 sebagai *ground*, pin 10 adalah COM, pin 11-18 adalah *output*.<sup>[18]</sup> Datasheet IC ULN 2803 terdapat pada lampiran 2. Rangkaian *Driver Relay* merupakan rangkaian yang digunakan untuk menggerakkan *relay*. Rangkaian *Driver Relay* digunakan sebagai penghubung antara mikrokontroler dengan *relay*. Penggunaan *driver relay* ini dikarenakan tegangan *output* mikrokontroler sebesar 5V, sedangkan untuk mengaktifkan relay dibutuhkan tegangan 24V.



**Gambar 2- 38** Prinsip kerja Driver Relay

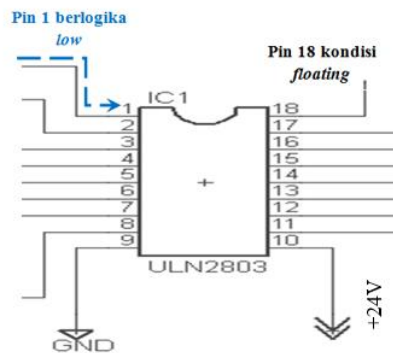
Sumber : Proteus Project

Prinsip kerja driver relay ULN 2803 untuk mengendalikan *on-off* komponen relay saat pin masukan ULN2803 bernomor 1 mendapat logika *high* atau bertegangan 5 VDC dari pin digital Arduino maka pada pin keluaran ULN2803 bernomor 18 akan menghasilkan logika *low* atau tidak bertegangan sehingga *coil* relay R1 akan mendapat tegangan 24 VDC.



**Gambar 2- 39** Driver Relay saat berlogika *high*

Sedangkan apabila pin masukan berlogika *low* maka pin keluaran dalam kondisi *floating* atau mengambang dimana kondisi ini pin keluaran tidak berlogika *high* ataupun *low*. Sebagai contoh pada saat pin masukan 1 IC ULN2803 berlogika *low*, maka pin keluaran 18 IC ULN2803 akan berkondisi *floating*. Gambar 2-43 menunjukkan skema rangkaian ULN2803 apabila pin masukan mendapat logika *low*.



**Gambar 2- 40** Driver Relay saat belogika *low*

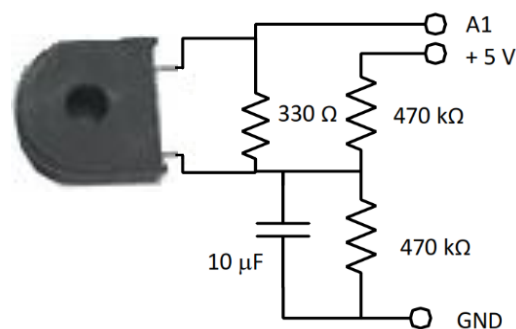
### 2.2.12 Sensor Arus ZMCT 103C

Sensor Arus ZMCT103C adalah modul yang digunakan untuk mengukur arus tegangan AC 1 Fasa. Sensor arus ZMCT103C dilengkapi dengan trafo arus berbentuk *ring-core* rasio 1000:1 serta keluaran arus maksimal sebesar 5mA.<sup>[20]</sup>

Trafo arus pada sensor arus ZMCT 103C digunakan untuk melakukan penginderaan besaran arus pada jaringan yang dibuat dengan mentransformasikan besar arus yang melewati jaringan secara akurat dan teliti untuk keperluan pengukuran. Adapun kelebihanannya di antaranya dimensi kecil, akurasi tinggi, mampu mengukur sampai dengan 5A dan keluaran yang proporsional berupa arus AC. Datasheet ZMCT 103C terdapat pada lampiran 3.

Berikut ini adalah spesifikasi dari sensor arus ZMCT 103C :

1. Dapat mengukur arus AC kurang dari 5A (sesuai analog output 5A atau 5mA)
2. Rated input 5A
3. Rated output 5mA
4. Papan ukuran 18.3x17 (mm)
5. Menggunakan isolasi tegangan 3000 V
6. Bahan sealing : epoxy resin
7. Suhu operasi : -40 °C - 70 °C

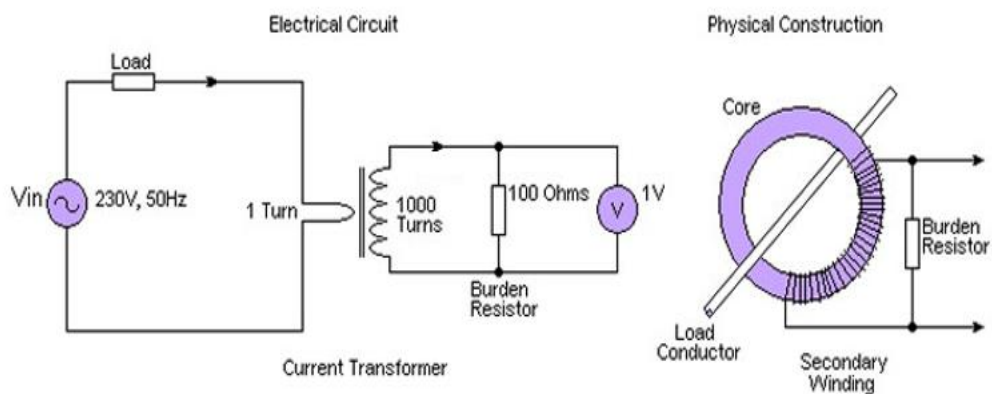


**Gambar 2- 41** Rangkaian Trafo Arus ZMCT<sup>[21]</sup>

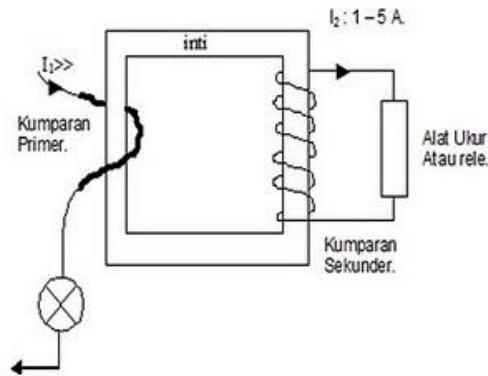
Sensor Arus ZMCT103C terdiri dari trafo arus yang berbentuk *ring-core* berwarna hitam dan rangkaian pengkondisi sinyal sebagai penguat arus (op-amp) berupa modul IC LM358.

### 2.2.13.1 Trafo Arus

Trafo arus atau *Current Transformer* adalah peralatan pada sistem tenaga listrik yang berupa trafo yang digunakan untuk pengukuran arus yang besarnya hingga ratusan ampere dan arus yang mengalir pada jaringan tegangan tinggi. Dalam melakukan pengukuran besaran arus pada instalasi tenaga listrik di sisi primer yang berskala besar trafo arus bekerja dengan melakukan transformasi dari besaran arus yang besar menjadi besaran arus yang kecil secara akurat dan teliti untuk keperluan pengukuran dan proteksi.<sup>[21]</sup>



**Gambar 2- 42** Prinsip Kerja Trafo Arus ZMCT103C



**Gambar 2- 43** Konstruksi Trafo Arus

Prinsip kerja trafo arus sama dengan trafo daya satu fasa. Bila pada kumparan primer mengalir arus  $I_1$ , maka pada kumparan timbul gaya gerak magnet sebesar  $I_1 N_1$ . Gaya gerak ini memproduksi fluks pada inti. Medan magnet akan terkumpul lebih banyak pada inti atau *core*. Medan magnet yang berputar di dalam inti atau *core* menghasilkan perubahan fluks primer dan memotong lilitan sekunder sehingga menginduksikan tegangan pada lilitan sekunder sesuai hukum faraday.

Fluks bolak-balik tersebut dilingkupi oleh belitan primer dan belitan sekunder, sehingga pada kedua kumparan timbul gaya gerak listrik yang besarnya:

$$E_1 = 4,44.N_1.f_1.\phi \dots \dots \dots \text{Persamaan (2-1)}$$

$$E_2 = -4,44.N_2.f_2.\phi \dots \dots \dots \text{Persamaan (2-2)}$$

Sehingga,

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Dengan mengabaikan rugi tahanan dan adanya fluks bocor, maka perbandingan transformasi menjadi:

$$a = \frac{E_1}{E_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \dots \dots \dots \text{Persamaan (2-3)}$$

Trafo ideal ialah trafo yang mempunyai efisiensi sebesar 100%. Efisiensi sebesar 100% didapat apabila rugi-rugi pada trafo diabaikan sehingga trafo tersebut dianggap ideal. Pada trafo ideal mempunyai perbandingan daya primer dan daya sekunder yang sama sehingga berlaku:

$$P_1 = P_2$$

$$V_1 \cdot I_1 = V_2 \cdot I_2$$

$$N_1 \cdot I_1 = N_2 \cdot I_2$$

Sehingga,

$$I_2 = \frac{N_1}{N_2} \times I_1 \dots\dots\dots \text{Persamaan (2-6)}$$

Bila terminal kumparan sekunder tertutup, maka pada kumparan sekunder mengalir arus  $I_2$ . Arus ini menimbulkan gaya gerak magnet  $I_2 N_2$  pada kumparan sekunder. Pada trafo arus dipasang beban pada bagian sekunder yang berfungsi sebagai impedansi beban, sehingga trafo tidak benar-benar *short circuit*.

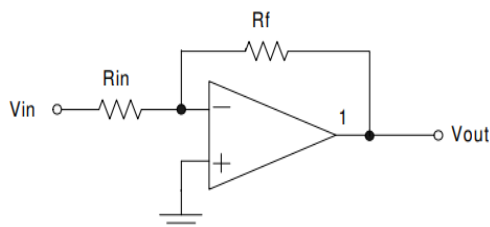
### 2.2.13.2 Penguat Operasional (Op-Amp) LM358

Penguat operasional atau op-amp adalah rangkaian elektronik yang dirancang dan dikemas secara khusus sehingga dengan menambahkan komponen luar sedikit saja dapat dipakai untuk berbagai keperluan. Dalam penulisan ini op-amp digunakan sebagai penguat tegangan dari sensor.<sup>[22]</sup> Modul sensor arus ZMCT103C mengeluarkan tegangan yang kecil yaitu berkisar 0-2 Volt saja sehingga akan sulit dibaca oleh mikrokontroler ATmega 2560 yang menerima input tegangan analog dengan range 0 – 5 Volt. Ketidaksesuaian level tegangan antara output analog sensor dan input analog mikrokontroler ATmega 2560 dapat diatasi dengan rangkaian pengkondisi sinyal.

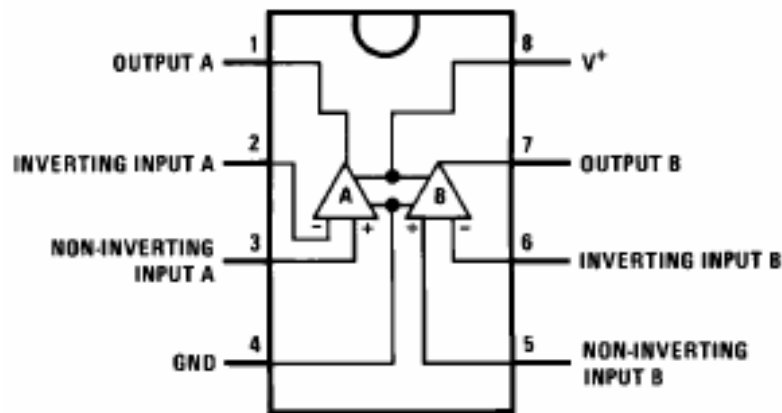
Pada rangkaian yang dibuat menggunakan IC LM358 sebagai penguat masukan dari sensor, fungsi rangkaian penguat adalah untuk memperbesar masukan dari sensor ke rangkaian ADC. Pada rangkaian pengkondisi sinyal ZMCT103C menggunakan rangkaian penguat inverting dimana penguat sinyal dengan karakteristik dasar sinyal output yang dikuatkan memiliki fasa yang sama dengan sinyal input. Dengan sinyal input yang diberikan pada terminal input non-inverting, maka besarnya penguatan tegangan rangkaian penguat tak membalik diatas tergantung pada harga Rin dan Rf yang dipasang. Besarnya penguatan tegangan output dari rangkaian penguat tak membalik diatas dapat dituliskan dalam persamaan matematis sebagai berikut.

$$\frac{V_{out}}{R_f} = \frac{V_{in}}{R_{in}} \dots\dots\dots(\text{persamaan 2-7})$$

$$V_{out} = -\frac{R_f}{R_{in}} \times V_{in} \dots\dots\dots(\text{persamaan 2-8})$$



**Gambar 2- 44**  
Rangkaian Penguat Inverting<sup>[22]</sup>



**Gambar 2- 45** Konfigurasi pin LM358<sup>[22]</sup>

Konfigurasi pin dari IC LM358 terdiri dari 8 pin, yaitu :

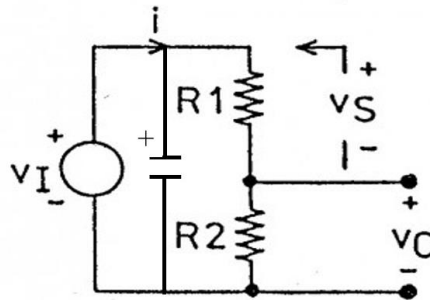
1. Pin-1 dan pin-8 adalah o / p dari komparator
2. Pin-2 dan pin-6 adalah inverting i/ps
3. Pin-3 dan pin-5 adalah non-inverting i/ps
4. Pin-4 adalah terminal GND
5. Pin-8 adalah VCC

Amplifier ini mempunyai beberapa keuntungan diatas tipe amplifier standar. Dapat beroperasi pada voltase daya 3V sampai 32V.

### **2.2.13 Pembagi Tegangan**

Rangkaian pembagi tegangan biasanya digunakan untuk membuat suatu tegangan referensi dari sumber tegangan yang lebih besar, dapat berfungsi sebagai sensor tegangan berdasarkan tegangan referensi yang dihasilkan pada pin input ke mikrokontroler, dan untuk memberikan bias pada rangkaian penguat atau untuk memberi bias pada komponen aktif.<sup>[23]</sup> Rangkaian pembagi tegangan pada dasarnya dapat dibuat dengan dua buah resistor, contoh rangkaian dasar pembagi tegangan

dengan output  $V_O$  dari tegangan sumber  $V_I$  menggunakan resistor pembagi tegangan  $R_1$  dan  $R_2$  seperti pada gambar 2-50 berikut.



**Gambar 2- 46** Rangkaian Pembagi Tegangan<sup>[23]</sup>

Dari rangkaian pembagi tegangan di atas dapat dirumuskan tegangan output  $V_O$ . Arus ( $I$ ) mengalir pada  $R_1$  dan  $R_2$  sehingga nilai tegangan sumber  $V_I$  adalah penjumlahan  $V_S$  dan  $V_O$  sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut.<sup>[23]</sup>

$$V_I = V_S + V_O = i.R_1 + i.R_2 \dots\dots\dots \text{Persamaan (2-9)}$$

Nampak bahwa tegangan masukan terbagi menjadi dua bagian ( $V_S$ ,  $V_O$ ), masing-masing sebanding dengan harga resistor yang dikenai tegangan tersebut. Sehingga besarnya  $V_O$  dapat dirumuskan sebagai berikut.<sup>[23]</sup>

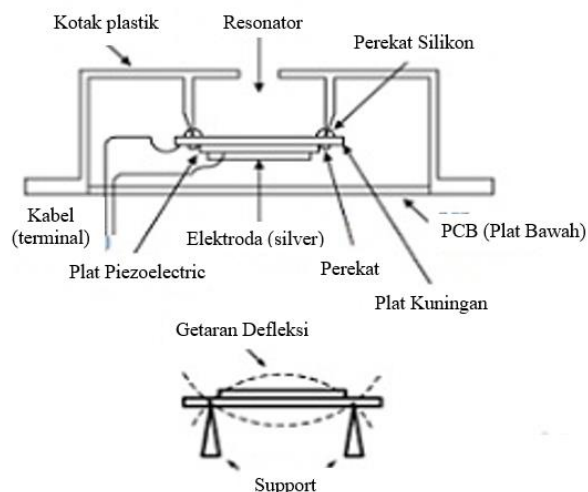
$$V_O = V_I \cdot R_2 / (R_1 + R_2) \dots\dots\dots \text{Persamaan (2-10)}$$

Pengkondisi sinyal pada rangkaian pembagi tegangan terdapat pada komponen elektronika berupa kapasitor dan resistor. Sumber rangkaian ini merupakan tegangan AC *stepdown* dimana arduino tidak dapat membaca tegangan AC, sehingga tegangan AC harus diubah dahulu menjadi DC dengan dioda *bridge*, setelah itu tegangan DC di *filter* menggunakan kapasitor sehingga gelombang mempunyai *ripple* yang kecil dan lebih stabil. Untuk dapat dibaca oleh arduino tegangan DC harus disesuaikan dengan tegangan referensi arduino yaitu 5 V. Untuk

dapat menurunkan tegangan DC digunakan dua buah resistor sebagai komponen pembagi tegangan. Sehingga, tegangan dapat di baca oleh arduino.

#### 2.2.14 Buzzer

*Buzzer* merupakan sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. *Buzzer* adalah komponen elektronika yang tergolong transduser. Pada dasarnya prinsip kerja *buzzer* hampir sama dengan *loudspeaker*, jadi *buzzer* juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan dapat menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menimbulkan suara. Tegangan listrik yang diberikan ke bahan Piezoelectric akan menyebabkan gerakan mekanis, gerakan tersebut kemudian diubah menjadi suara atau bunyi yang dapat didengar oleh telinga manusia dengan menggunakan diafragma dan resonator. [24]



**Gambar 2- 47** Prinsip Kerja *Buzzer*

Sumber : teknikelektronika.com

Sederhananya *buzzer* mempunyai 2 buah kaki yaitu positive dan negative. Untuk menggunakannya secara sederhana kita bisa memberi tegangan positive dan negative 3 - 12V. Cara kerja *Buzzer* pada saat aliran listrik atau tegangan listrik yang mengalir ke rangkaian yang menggunakan *piezoelectric*. *Piezo buzzer* dapat bekerja dengan baik dalam menghasilkan frekwensi di kisaran 1 - 6 kHz hingga 100 kHz. *Buzzer* ini bisa dicoba menggunakan board arduino yang diprogram.<sup>[26]</sup> Jadi hanya diberi inputan tegangan 3 - 12 V (Tegangan kerja *buzzer*).

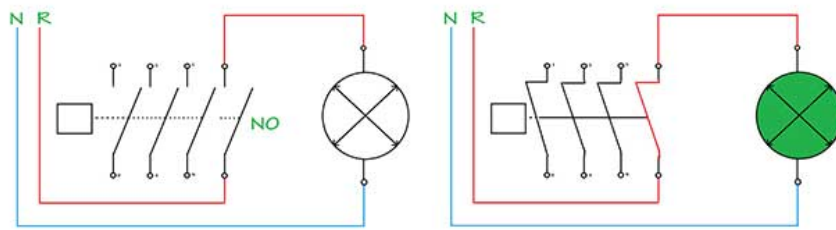


**Gambar 2- 48** Simbol dan bentuk Buzzer  
Sumber : Skemaku.com

*Buzzer* biasa digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan ada sebuah alat (*alarm*).

### 2.2.15 Pilot Lamp

*Pilot lamp* adalah sebuah lampu indikator yang menandakan terdapat sebuah aliran listrik masuk pada panel listrik tersebut. Pilot lamp bekerja ketika ada tegangan masuk ( Phase - Netral ) dengan menyalanya sebuah lampu atau led pada pilot lamp.



**Gambar 2- 49** Single Line NC dan NO Pilot Lamp<sup>[25]</sup>

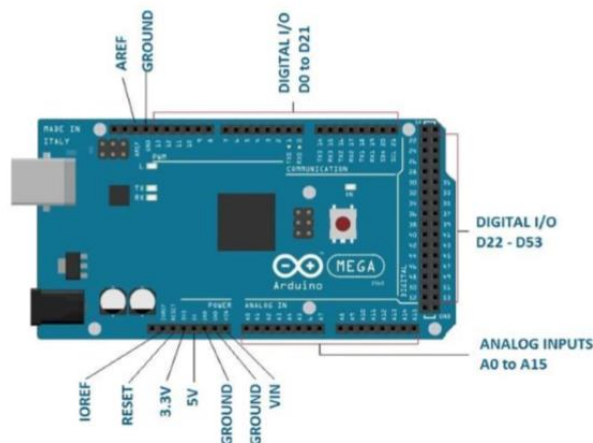
Pilot Lamp sekarang banyak sekali macamnya dahulu menggunakan bolam atau dop dan sekarang sudah eranya sebuah teknologi Led. Yang mempunyai kelebihan lebih terang dan hemat energi.<sup>[25]</sup> Dari Led tersebut mempunyai banyak tegangan kerja untuk bisa menyalakan sebuah pilot lamp yaitu 12 V, 24 V, hingga 220 V. Warna sangat berpengaruh untuk memudahkan manusia untuk menganalisa sebuah informasi, dalam pilot lamp ada beberapa warna yang sudah distandartkan untuk sebuah indikator panel listrik yaitu putih, hijau, merah, kuning atau jingga, hingga biru.



**Gambar 2- 50** Pilot Lamp<sup>[25]</sup>

### 2.2.16 Mikrokontroler Arduino Mega 2560

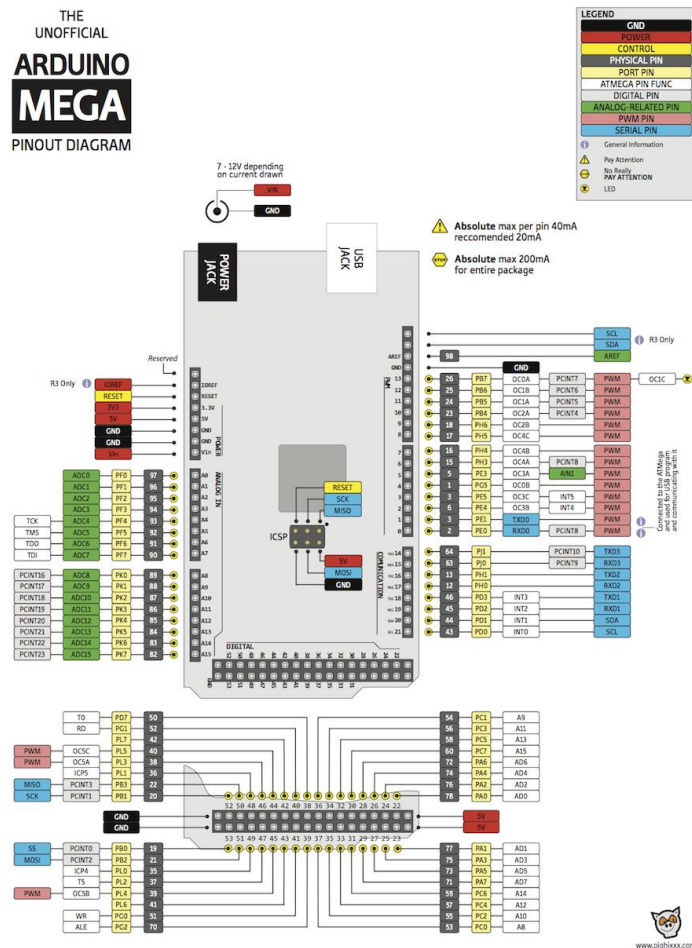
Mikrokontroler adalah sebuah chip yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umunya dapat menyimpan program yang terdiri dari CPU (*Central Processing Unit*), memori, I/O tertentu dan unit pendukung seperti *Analog-to-Digital Converter* (ADC) yang sudah terintegrasi di dalamnya. Kelebihan utama dari mikrokontroler ialah tersedianya RAM dan peralatan I/O pendukung sehingga ukuran board mikrokontroler menjadi sangat ringkas.<sup>[26]</sup> Program merupakan bagian terpenting dan utama dari suatu sistem terkomputerisasi. Melalui program tersebut, instruksi dapat dibaca dan diproses untuk kemudian menghasilkan *output* sesuai dengan yang di inginkan.



**Gambar 2- 51** Arduino Mega 2560<sup>[26]</sup>

Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler berdasarkan ATmega2560. Arduino Mega memiliki 54 pin *input* atau *output* digital (15 diantaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM), 16 *input* analog, 4 UART (port serial perangkat keras), osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, colokan listrik, *header* ICSP, dan tombol reset.<sup>[28]</sup>

Hal tersebut yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, cukup sambungkan ke komputer dengan kabel USB atau daya dengan adaptor AC ke DC atau baterai untuk memulai. Papan Mega 2560 kompatibel dengan sebagian besar perisai yang dirancang untuk Uno dan papan sebelumnya Duemilanove atau Diecimilia. Mega 2560 adalah pembaruan untuk Arduino Mega yang digantikannya. Untuk lebih jelas, diagram *pinout* Arduino Mega 2560 dapat dilihat pada lampiran 4.



**Gambar 2- 52 Pinout Diagram Arduino Mega 2560**  
 Sumber : <https://i.pining.com>

Tabel 2-2 merupakan tabel yang berisi spesifikasi *Arduino Mega 2560*<sup>[28]</sup>

**Tabel 2- 2** Spesifikasi Arduino Mega 2560

<b>Mikrokontroler</b>	<b>ATmega2560</b>
<b>Operating Voltage</b>	5V
<b>Input Voltage (recommended)</b>	7-12V
<b>Input Voltage (limit)</b>	6-20V
<b>Digital I/O Pins</b>	54 (of which 15 provide PWM output)
<b>Analog Input Pins</b>	16
<b>DC Current per I/O Pin</b>	20 mA
<b>DC Current for 3.3V Pin</b>	50 mA
<b>Flash Memory</b>	256 KB of which 8 KB used by bootloader
<b>SRAM</b>	8 KB
<b>EEPROM</b>	4 KB
<b>Clock Speed</b>	16 MHz
<b>LED_BUILTIN</b>	13
<b>Length</b>	101.52 mm
<b>Width</b>	53.3 mm
<b>Weight</b>	37 g

Mega 2560 dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Daya eksternal (non-USB) dapat berasal dari adaptor AC ke DC atau baterai. Adaptor dapat dihubungkan dengan mencolokkan colokan 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

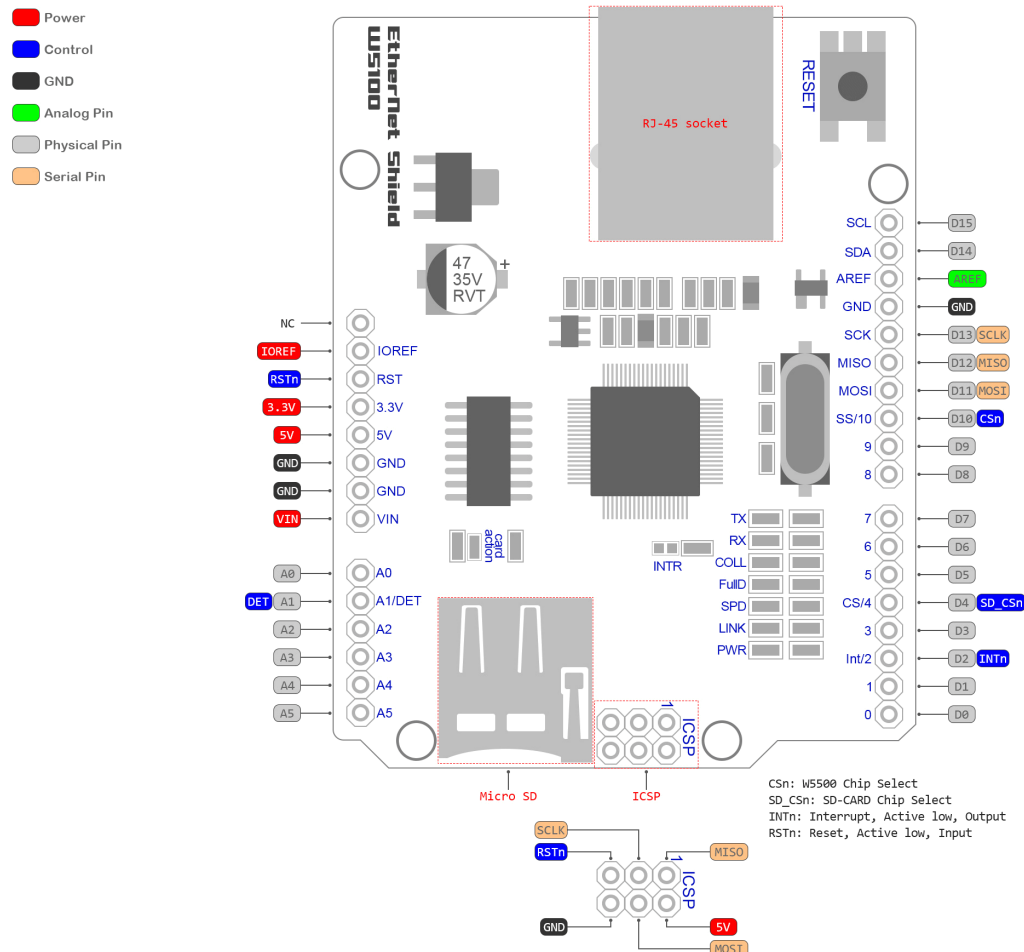
memasok kurang dari lima volt dan menyebabkan ketidakstabilan. Jika menggunakan lebih dari 12 V, pengatur tegangan dapat menjadi terlalu panas dan merusak papan. Kisaran yang disarankan adalah 7 hingga 12 volt. Pin daya adalah sebagai berikut:

- 1) 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.
- 2) 5V. Pin ini menghasilkan 5V yang diatur dari regulator di papan. Papan dapat dipasang 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.
- 3) 3V3. Suplai 3,3 volt yang dihasilkan oleh regulator on-board. Daya tarik arus maksimum adalah 50 mA.
- 4) GND. Pin tanah.
- 5) 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.<sup>[27]</sup>

### **2.2.17 Ethernet Shield**

*Ethernet Shield* menambah kemampuan arduino *board* agar terhubung ke jaringan komputer. *Ethernet shield* berbasiskan chip *ethernet Wiznet W5100*.

*Ethernet library* digunakan dalam menulis program, agar *arduino board* dapat terhubung ke jaringan dengan menggunakan *ethernet shield*.



**Gambar 2- 53 Pinout Ethernet Shield**

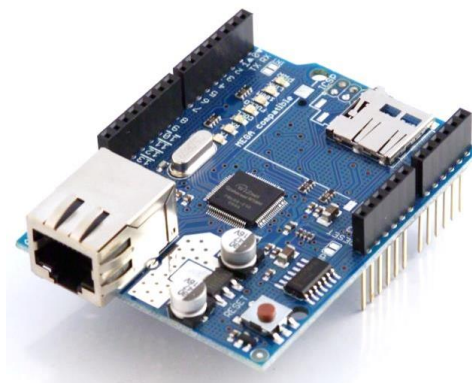
Sumber : <http://elektro.turanis.de>

Pada *ethernet shield* terdapat sebuah slot *micro-SD*, yang dapat digunakan untuk menyimpan file yang dapat diakses melalui jaringan. Pada *board 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*.

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* atau *output* umum, ketika kita menggunakan *ethernet shield*. Karena W5100 dan SD card berbagi bus SPI, hanya salah satu yang dapat aktif pada satu waktu. Jika kita menggunakan kedua perangkat dalam program, hal ini akan diatasi oleh *library* yang sesuai. Jika kita tidak menggunakan salah satu perangkat dalam program, kiranya kita perlu secara eksplisit men-*deselect*-nya. Untuk melakukan hal ini pada *SD card*, set pin 4 sebagai *output* dan menuliskan logika tinggi (*high*) padanya, sedangkan untuk W5100 yang digunakan adalah pin 10.

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*.<sup>[29]</sup>



**Gambar 2- 54** Ethernet Shield<sup>[29]</sup>

### 2.2.18 VT Scada 11.2

*Supervisory Control And Data Acquisition* atau sering kita kenal dengan SCADA adalah sistem kendali industri berbasis komputer yang dipakai untuk *monitoring system* atau *control system*. *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*.<sup>[32]</sup>

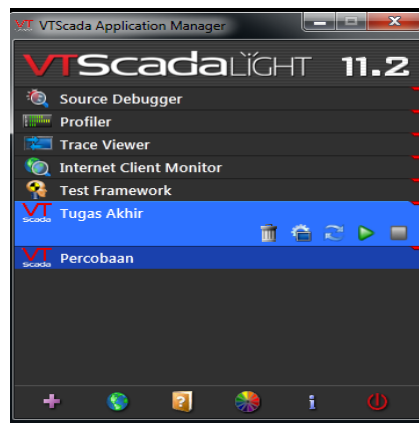
Untuk menginstal *software VTScada* diperlukan hardware PC (*Personal Computer*) yang memiliki spesifikasi berikut :

1. *VTScada 11.2* digunakan sebagai *server* dari *workstation* :
  - a. 32 atau 64-bit sistem operasi *Windows*
  - b. 2 Ghz prosesor *dual-core*
  - c. Membutuhkan penyimpanan *file* 20 GB
  - d. Memliki RAM 8 GB atau lebih

2. Sedangkan untuk laptop, tablet PC, dan panel PC bukan sebagai server dari *workstation* :

- a. 32 atau 64-bit sistem operasi *Windows*
- b. 2 Ghz prosesor *dual-core*
- c. Membutuhkan penyimpanan *file* 20 GB
- d. Memiliki RAM 4 GB atau lebih

Dalam menggunakan *software* VTScada terdapat komponen komponen yang biasa digunakan yaitu *VTScada Application Manager*.



**Gambar 2- 55** Tampilan VT Scada<sup>[30]</sup>

*VT Scada* merupakan salah satu aplikasi virtual scada, *VT Scada* dapat digunakan untuk keperluan industri, *software* ini menyediakan layar anatrmuka yang dapat mengontrol peralatan lewat komputer. Termasuk dapat mengoperasikan katup-katup pipa dan motor atau menampilkan suhu ada level ketinggian air di melalui layar. *VT Scada* dapat berkomunikasi lewat RTU (*Remote Telemetry Unit*) dan *Programmable Logic Control (PLC)* untuk mengontrol perangkat keras dan informasi. *VT Scada* dibuat dengan ribuan Input/Output dalam 1 server (maksimal 50I/O untuk versi *light*).<sup>[30]</sup>