

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

1. Jurnal dengan judul “Analisis Penyebab *Out of Scanning* (OOS) pada SCADA akibat Gangguan RTU”.<sup>[1]</sup>
2. Jurnal dengan judul “Perancangan *Human Machine Interface* berbasis SCADA pada PT PLN (Persero) Unit Pengatur Beban (UPB) Sumatera Bagian Tengah”.<sup>[2]</sup>

Setelah penulis melakukan pengamatan terhadap beberapa referensi, ada beberapa jurnal yang memiliki keterkaitan dengan perancangan alat Tugas Akhir penulis. Pada referensi pertama yaitu jurnal dengan judul “Analisis Penyebab *Out of Scanning* (OOS) pada SCADA akibat Gangguan RTU” menjelaskan bahwa SCADA sering kali mengalami kegagalan pengoperasian yang menjadi penyebab meningkatnya angka SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) atau durasi pemadaman sehingga berpengaruh pada keandalan jaringan distribusi, dimana hal ini menjadi faktor utama dibuatnya REMOCO oleh PT PLN (Persero) Area Tegal untuk menanggulangi permasalahan tersebut yang akan penulis simulasikan dalam alat Tugas Akhir.

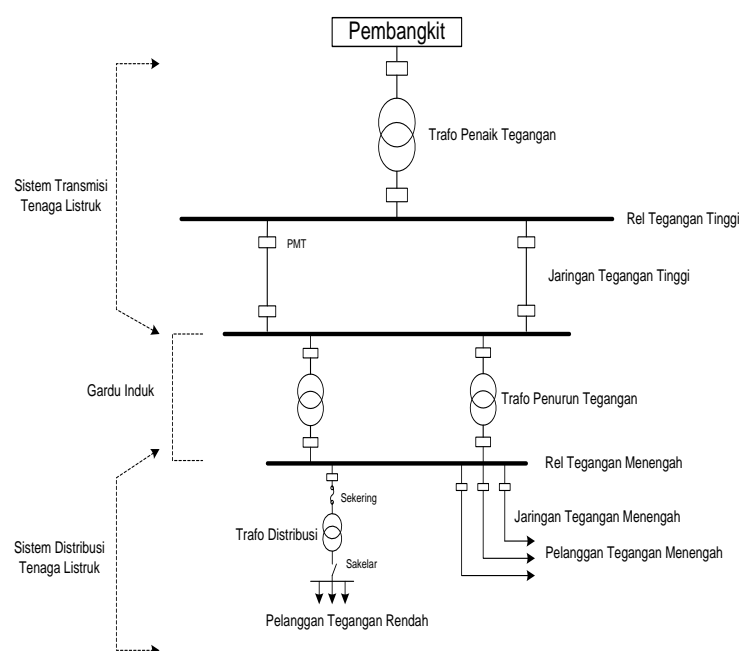
Pada referensi kedua yaitu jurnal dengan judul “Perancangan *Human Machine Interface* berbasis SCADA pada PT PLN (Persero) Unit Pengatur Beban (UPB) Sumatera Bagian Tengah” memiliki persamaan dengan Tugas Akhir penulis yaitu dibahas mengenai perancangan HMI berbasis SCADA yang akan

diterapkan juga pada alat Tugas Akhir penulis sebagai sistem *monitoring* jaringan distribusi secara *real-time* menggunakan aplikasi VTScada.

Perbedaan Tugas Akhir yang akan dikerjakan penulis dengan referensi diatas adalah penulis mencoba untuk membuat simulasi dari REMOCO sebagai alat kontrol jarak jauh pada LBS dengan sistem *monitoring* jaringan distribusi secara *real-time* karena pada kenyataannya di wilayah kerja PT PLN (Persero) Area Tegal penggunaan SCADA belum optimal dan sering mengalami kegagalan dalam pengoperasiannya.

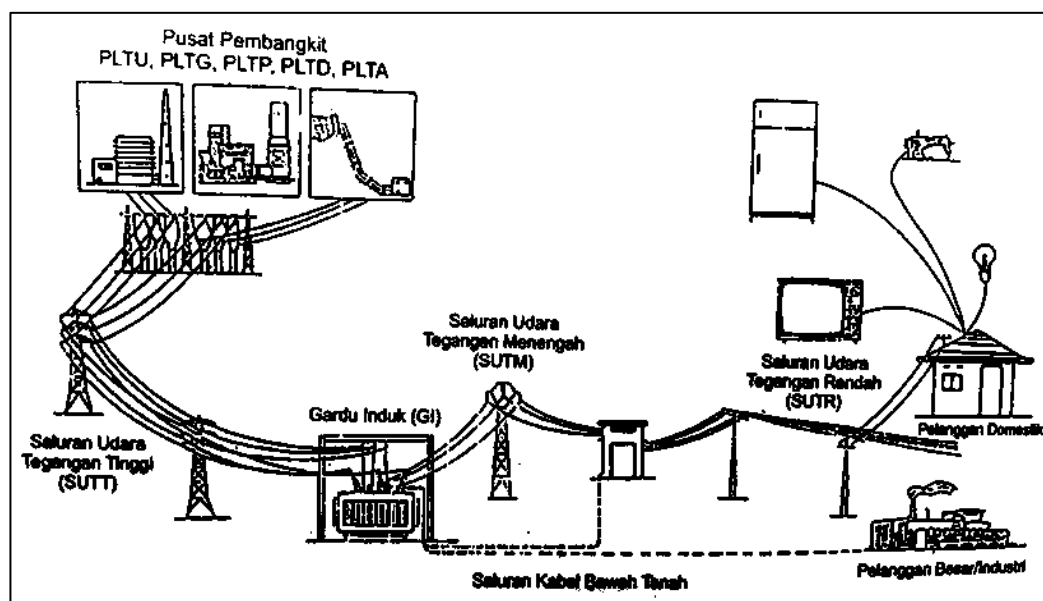
## 2.2 Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik adalah rangkaian instalasi tenaga listrik mulai dari pembangkitan, transmisi, dan distribusi yang dioperasikan secara serentak dalam rangka penyediaan tenaga listrik.<sup>[3]</sup> Gambar 2.1 menunjukkan proses penyaluran sistem tenaga listrik.



**Gambar 2.1** Penyaluran Sistem Tenaga Listrik<sup>[3]</sup>

Tenaga listrik yang dibangkitkan di pusat pembangkit melalui PLTA, PLTU, PLTD, dan sebagainya dengan tegangan sebesar 11-24 kV akan dinaikkan tegangannya oleh transformator *step up* menjadi 150 kV atau 500 kV dan disalurkan melalui saluran transmisi yang biasa disebut dengan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) atau Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET). Setelah melalui saluran transmisi, tenaga listrik akan diturunkan tegangannya oleh transformator *step down* di Gardu Induk Distribusi menjadi 20 kV dan disalurkan melalui saluran distribusi primer yang biasa disebut Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) atau Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM). Setelah melalui saluran distribusi primer, tegangan akan diturunkan menjadi tegangan rendah 220V/380V oleh transformator distribusi dan disalurkan melalui saluran distribusi sekunder yang biasa disebut Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR) yang kemudian disalurkan langsung ke konsumen. Gambar 2.2 menunjukkan bagan penyampaian tenaga listrik menuju ke konsumen.



Gambar 2.2 Bagan Penyampaian Tenaga Listrik Kepada Pelanggan<sup>[4]</sup>

### 2.3 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem Distribusi merupakan bagian yang paling akhir dari rangkaian sistem tenaga listrik. Sistem distribusi akan mengatur penyaluran energi listrik ke konsumen. Secara umum, kualitas dari penyaluran sistem distribusi tenaga listrik ditinjau dari hal-hal berikut ini:

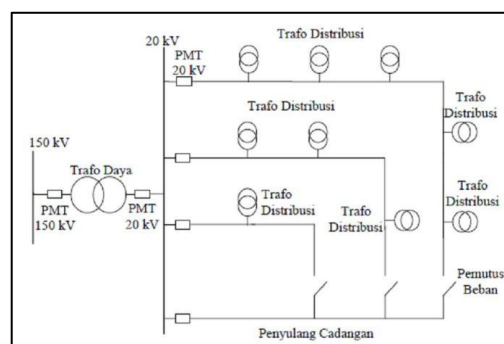
1. Kontinuitas pelayanan yang baik, artinya tidak sering terjadi pemutusan, baik karena gangguan maupun hal-hal yang direncanakan. Biasanya, kontinuitas pelayanan terbaik diprioritaskan pada beban-beban yang dianggap vital misalnya rumah sakit, pusat pelayanan komunikasi, perkantoran, militer, dan lain-lain.
2. Kualitas daya yang baik, antara lain meliputi kapasitas daya yang memenuhi, tegangan yang selalu konstan, dan frekuensi yang selalu konstan.
3. Perluasan dan penyaluran daerah beban yang dilayani seimbang, untuk mengurangi rugi-rugi (*losses*) akibat adanya arus pada netral trafo mengalir ke tanah yang disebabkan oleh beban yang tidak seimbang.
4. Fleksibel dalam pengembangan dan perluasan daerah beban. Perencanaan sistem distribusi yang baik tidak berpusat pada kebutuhan beban sesaat, namun memperhatikan perkembangan beban yang harus dilayani dalam jangka waktu yang panjang, khususnya dalam hal penambahan kapasitas dayanya.
5. Faktor kondisi dan situasi lingkungan merupakan pertimbangan dalam perencanaan untuk menentukan tipe-tipe konfigurasi jaringan yang sesuai

untuk lingkungan bersangkutan, misalnya tentang konduktornya, konfigurasinya, tata letaknya, dan pertimbangan estetika.

6. Faktor pertimbangan ekonomis menyangkut perhitungan untung dan rugi ditinjau dari segi ekonomis, baik secara perhitungan penjualan maupun dalam rangka menghemat anggaran yang tersedia.

#### 2.4 Topologi Jaringan Distribusi *Cluster*

Jaringan distribusi dengan pola *Cluster* seperti pada gambar 2.3 banyak digunakan untuk kota-kota besar yang memiliki kerapatan beban yang tinggi. Dalam sistem ini terdapat Sakelar Pemutus Beban (LBS), dan penyulang cadangan. Penyulang ini berfungsi ketika ada gangguan yang terjadi pada salah satu penyulang sehingga penyulang cadangan inilah yang memasok listrik ke konsumen. Sistem ini mirip dengan sistem *Spindel*, bedanya pada sistem ini tidak digunakan Gardu Hubung (GH) sehingga lebih mudah dalam pengoperasiannya. Keuntungan lain dari sistem ini yaitu jaringan bisa lebih pendek untuk jangkauan yang luas dengan *switching* yang bisa dilakukan sepanjang penyulang cadangan.



**Gambar 2.3** Topologi Jaringan *Cluster*<sup>[4]</sup>

## 2.5 Gangguan pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Jaringan distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang paling dekat dengan konsumen. Pada umumnya jaringan distribusi lebih panjang jika ditinjau dari volume fisiknya dibandingkan dengan jaringan transmisi dengan jumlah gangguan (sekian kali per 100 km per tahun) yang lebih tinggi juga dibandingkan dengan jaringan transmisi.<sup>[5]</sup>

Jenis gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi primer 20 kV diantaranya:

1. Gangguan hubung singkat, yaitu gangguan yang terjadi akibat adanya hubungan langsung antar fasa (fasa R-S, fasa R-T, fasa S-T, atau fasa R-S-T) atau hubungan fasa ke tanah yang terdapat pada jaringan, gardu induk, maupun pusat pembangkit.
2. Gangguan beban lebih, yaitu gangguan yang terjadi karena pembebanan sistem distribusi yang melebihi kapasitas sistem terpasang. Gangguan ini sebenarnya bukan gangguan murni, namun apabila dibiarkan terus-menerus dapat merusak peralatan seperti trafo distribusi.
3. Gangguan tegangan lebih termasuk gangguan yang sering terjadi pada saluran distribusi. Biasanya tegangan lebih disebabkan oleh kesalahan pada AVR (*Automatic Voltage Regulator*) atau pengatur tap pada trafo distribusi, atau sambaran petir pada jaringan.

## 2.6 Gangguan Hubung Singkat

Gangguan yang sering terjadi dan berdampak sangat besar bagi sistem distribusi adalah gangguan hubung singkat, sehingga istilah gangguan pada sistem distribusi mengacu pada gangguan hubung singkat.<sup>[5]</sup>

### a. Penyebab Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat pada jaringan distribusi biasanya disebabkan oleh hal-hal berikut ini:

1. Angin kencang yang dapat mendorong pohon di sekitar jaringan hingga menyentuh konduktor dan menyebabkan gangguan hubung singkat fasa ke tanah maupun gangguan hubung singkat antar fasa.
2. Kurangnya kesadaran masyarakat sekitar, seperti anak-anak kecil yang bermain layang-layang di dekat jaringan, atau antena televisi yang dipasang terlalu dekat dengan jaringan yang dapat menyentuh konduktor dan menyebabkan gangguan hubung singkat antar fasa.
3. Hewan yang bersentuhan dengan jaringan, misalnya burung yang hinggap di jaringan yang dapat menyebabkan gangguan hubung singkat apabila burung tersebut menyentuh lebih dari satu penghantar.
4. Kualitas peralatan atau material yang kurang baik, misalnya pada Jaringan Tegangan Rendah (JTR) yang menggunakan *Twisted Cable* dengan mutu yang kurang baik, sehingga isolasinya mempunyai tegangan tembus yang rendah, mudah mengelupas, dan tidak tahan panas. Hal ini akan menyebabkan gangguan hubung singkat antar fasa.

### b. Sifat Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat dibedakan menjadi dua berdasarkan sifatnya, yaitu:

1. Gangguan temporer, yaitu gangguan hubung singkat yang hanya berlangsung sementara karena dapat hilang dengan sendirinya, misalnya gangguan antar fasa yang terjadi akibat tertiup angin kencang.
2. Gangguan permanen, yang biasanya terjadi akibat dari peralatan yang rusak, kabel yang putus, isolator yang bocor, dan lain-lain. Gangguan ini akan hilang apabila peralatan yang rusak atau terganggu sudah diperbaiki ataupun diganti.

## **2.7 Sistem Proteksi Jaringan Tegangan Menengah**

Gangguan pada jaringan distribusi seperti gangguan hubung singkat dapat merusak peralatan, dan berbahaya bagi lingkungan sekitar. Untuk menghindari hal tersebut, maka perlu dipasang peralatan proteksi. Dengan sistem proteksi yang benar, dapat mencegah kerusakan pada peralatan dan mempersempit daerah terganggu.

### **a. Tujuan Sistem Proteksi**

Tujuan utama sistem proteksi adalah sebagai berikut:

1. Mendeteksi kondisi yang tidak normal pada sistem tenaga listrik
2. Memisahkan daerah yang terganggu, sehingga sistem yang tidak terganggu dapat terus berjalan.
3. Mengamankan manusia dari bahaya yang ditimbulkan oleh listrik.
4. Memberikan pelayanan dan kualitas listrik yang terbaik kepada konsumen.

### **b. Syarat Sistem Proteksi**

Peralatan proteksi harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:



1. Sensitifitas (kepekaan), artinya pengaman harus mampu mendeteksi gangguan sekecil mungkin sehingga tidak terjadi kegagalan proteksi.
2. Selektifitas (ketelitian), artinya pengaman harus dapat memisahkan bagian sistem yang terganggu dengan sistem yang tidak terganggu sebaik mungkin.
3. *Reliability* (keandalan), artinya pengaman harus selalu dalam kondisi yang dapat bekerja ketika dibutuhkan walaupun sudah tidak digunakan dalam waktu yang lama, atau mengakibatkan bekerjanya pengaman lain, sehingga daerah itu mengalami pemadaman yang lebih luas.
4. Kecepatan, artinya semakin cepat suatu pengaman bekerja, tidak hanya dapat memperkecil daerah gangguan tetapi juga dapat memperkecil kemungkinan meluasnya akibat-akibat yang ditimbulkan oleh gangguan.
5. Pertimbangan ekonomis, artinya pengaman harus efektif dalam bekerja, namun dengan tetap mempertimbangkan faktor ekonomis.

**c. Jenis Peralatan Proteksi pada Sistem Distribusi**

Jenis pengaman yang digunakan pada Jaringan Tegangan Menengah antara lain:

1. PMT

PMT atau *Circuit Breaker* 20 kV merupakan sakelar otomatis yang dapat memutuskan arus gangguan. Alat ini akan membuka dan menutup jika *relay* telah diatur berdasarkan besar arus gangguan dan waktu tertentu. Pengaturan ini dibuat berdasarkan data dan perhitungan. Gambar 2.4 menunjukkan PMT 20 kV yang terdapat di Gardu Induk.



**Gambar 2.4** PMT (*Circuit Breaker*) 20 kV<sup>[6]</sup>

## 2. Penutup Balik Otomatis (*Recloser*)

Penutup Balik Otomatis atau *Recloser* pada dasarnya adalah pemutus tenaga yang dilengkapi dengan peralatan kontrol dan media peredam busur api. Peralatan ini dapat merasakan arus gangguan dan memerintahkan operasi buka tutup. Untuk jaringan panjang (lebih dari 20 km) perlu dipasang 2 atau lebih *recloser* pada jarak tertentu dengan koordinasi yang baik, agar gangguan pada sistem dapat segera dibebaskan. Gambar 2.5 menunjukkan *recloser* yang terdapat di jaringan distribusi tegangan menengah.



**Gambar 2.5** Penutup Balik Otomatis (*Recloser*)<sup>[6]</sup>

## 3. *Sectionalizer*

Sakelar Seksi Otomatis (SSO) disebut juga *Sectionalizer* merupakan fungsi khusus dari LBS (*Load Break Switch*) yang berfungsi sebagai pemutus secara otomatis untuk membebaskan daerah (*section*) tertentu yang terganggu dari suatu

sistem distribusi sehingga daerah yang tidak terganggu dapat terus berjalan.

Gambar 2.6 menunjukkan LBS yang memiliki fungsi khusus *sectionalizer*.



**Gambar 2.6** LBS *Sectionalizer*<sup>[6]</sup>

#### 4. *Fuse Cut Out* (FCO)

*Fuse Cut Out* adalah suatu alat pengaman yang melindungi jaringan terhadap arus lebih yang mengalir melebihi dari batas maksimal. FCO memiliki konstruksi yang sederhana dan hanya dapat memutuskan satu saluran kawat jaringan dalam satu alat. Apabila diperlukan pemutus saluran tiga fasa maka dibutuhkan FCO sebanyak tiga buah. Gambar 2.7 menunjukkan FCO yang terdapat di jaringan distribusi.



**Gambar 2.7** *Fuse Cut Out*<sup>[6]</sup>

#### d. Cara Kerja Peralatan Proteksi

Cara kerja dari peralatan proteksi di jaringan distribusi adalah:

1. PMT

Ketika terjadi suatu gangguan yang berada setelah PMT atau biasanya pada zona pertama dari suatu penyulang, maka ada dua kemungkinan yang terjadi. Kemungkinan pertama PMT akan langsung memutus aliran listrik jika arus gangguan melebihi batas *Highset 2* (H2) dari PMT. Apabila arus gangguan hanya melebihi batas *Highset 1* (H1) dan kurang dari H2, maka PMT akan memutus aliran listrik dengan selang waktu yang telah diatur. Kemungkinan kedua PMT bisa membuka dan menutup kembali (*reclose*) apabila arus gangguan melebihi batas arus normal yang di atur pada PMT tersebut dan masih kurang dari batas H1. Tetapi biasanya PMT tidak diatur untuk *reclose* karena apabila PMT tersebut memasok aliran listrik ke pabrik-pabrik besar maka pada saat *reclose* akan ada arus *inrush* yang besar dan bisa menyebabkan *trip*-nya trafo tenaga. Gambar 2.8 menunjukkan letak gangguan yang menyebabkan PMT bekerja.



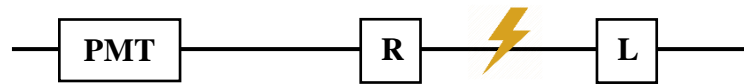
**Gambar 2.8** Cara Kerja PMT

## 2. Penutup Balik Otomatis (*Recloser*)

Gangguan yang bisa menyebabkan *recloser* membuka dan menutup otomatis (*reclose*) atau membuka saja (*trip*) biasanya terdapat pada zona kedua suatu jaringan. Zona kedua terdapat pada daerah setelah *recloser*. Untuk mengamankan gangguan pada zona kedua agar gangguan tidak berlanjut pada PMT *outgoing*, maka di lakukan pengaturan batas arus gangguan dan waktu *reclose* atau waktu *trip* terhadap *recloser*. Pengaturan tersebut terbagi menjadi 3 bagian yaitu, pengaturan gangguan pada *Highset 1* (H1), *Highset 2* (H2), dan batas arus normal yang bisa mengalir pada *recloser*. Apabila gangguan terdapat pada H1 dari

pengaturan *recloser*, maka ada beberapa kemungkinan yang bisa terjadi. Kemungkinan pertama *recloser* bisa *reclose*, keadaan ini terjadi apabila arus gangguan melebihi batas normal arus yang dapat dilewati dari suatu *recloser* dan arus gangguan tersebut berada di bawah pengaturan H1 dari *recloser*. Jadi *recloser* akan berubah ke posisi *open* saat gangguan tersebut berlangsung, dan dalam beberapa detik kemudian *recloser* tersebut akan *close* kembali. Kemungkinan kedua yaitu *recloser* bisa *trip*. Terbukanya *recloser* ini terjadi ketika arus gangguan yang terjadi pada zona pertama tersebut melebihi dari H1 *recloser*, sehingga *recloser* bisa *trip* namun masih ada waktu tunda dari kerja *recloser* tersebut. Waktu tunda dari *recloser* untuk menahan arus gangguan hingga *trip* bertujuan untuk mengantisipasi gangguan tersebut hanyalah gangguan temporer. Kemungkinan ketiga yaitu *recloser* bisa *reclose* dan dilanjutkan dengan *trip*. Kejadian ini bisa terjadi karena adanya gangguan yang bersifat permanen, sehingga menyebabkan *recloser* melakukan 2 kali *reclose* kemudian dilanjutkan dengan *trip* dalam keadaan normalnya (*lockout*). Kemungkinan keempat yaitu *recloser* bisa memberikan status *pick up* pada SCADA. Maksud dari *pick up* yaitu terjadi arus gangguan yang melebihi batas dari H1 dan bersifat temporer yang hilang sebelum *recloser trip*, sehingga memunculkan status *pick up* pada SCADA. Apabila gangguan berada pada H2 dari pengaturan *recloser*, maka *recloser* akan langsung *trip* atau berada pada posisi *open* secara langsung atau instan. Arus gangguan yang melebihi H2 dari *recloser* tidak ada waktu tunda untuk *trip* untuk mencegah arus gangguan tersebut menuju PMT *outgoing* dan menyebabkan

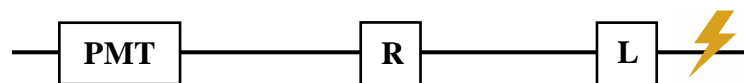
seluruh beban dalam penyulang tersebut padam. Gambar 2.9 menunjukkan letak gangguan yang dapat menyebabkan *recloser* bekerja.



**Gambar 2.9** Cara Kerja *Recloser*

### 3. Sakelar Seksi Otomatis (*Sectionalizer*)

Apabila suatu jaringan mempunyai *recloser* dan setelahnya dipasang LBS berbasis SSO (*Sectionalizer*) maka akan mempermudah untuk mengetahui titik dimana arus gangguan itu berasal. Biasanya SSO dipasang di luar zona instan dari *recloser*, dan diatur untuk *trip* ketika merasakan arus gangguan dan hilang tegangan sebanyak 2 kali. Misalnya apabila *recloser* mengalami *reclose*, maka sebelum *reclose* terakhir dari *recloser*, SSO sudah *trip* terlebih dahulu karena sudah membaca arus gangguan dan hilang tegangan sebanyak 2 kali, dan dapat diketahui titik gangguan berada setelah SSO. Namun apabila *recloser* langsung *trip* tanpa *reclose*, dan SSO tetap dalam posisi *close* karena hanya hilang tegangan sebanyak 1 kali, dapat diketahui gangguan berada pada posisi sebelum SSO (zona instan *recloser*). Gambar 2.10 menunjukkan letak gangguan yang dapat menyebabkan *sectionalizer* bekerja.

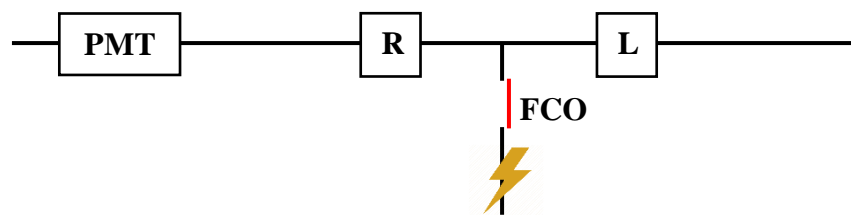


**Gambar 2.10** Cara Kerja *Sectionalizer*

### 4. FCO (*Fuse Cut Out*)

Prinsip kerja FCO hampir sama dengan sekering. Apabila arus gangguan melampaui batas yang telah ditentukan berdasarkan spesifikasi dari FCO, maka

kawat perak di dalam tabung porselen akan putus dan arus gangguan tidak mengalir ke jaringan utama. Pada waktu kawat putus terjadi busur api, yang segera dipadamkan oleh pasir yang berada di dalam tabung porselen. Apabila kawat perak menjadi lebur karena arus yang melebihi batas maksimal, maka kawat akan hancur dan tabung porselen akan terlempar keluar dari kontaknya dan memutus aliran listrik. Gambar 2.11 menunjukkan letak gangguan yang dapat menyebabkan FCO bekerja.



**Gambar 2.11** Cara Kerja FCO (Fuse Cut Out)

#### e. Pengoperasian Peralatan Proteksi

Beberapa peralatan proteksi seperti PMT, *Recloser*, dan LBS dapat dioperasikan secara manual, ketika dilakukan konfigurasi ulang di jaringan atau pemadaman sesaat saat dilakukan pemeliharaan jaringan. Pengoperasian secara manual dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu:

##### 1. Lokal

Pengoperasian secara lokal dilakukan secara langsung di lapangan melalui panel kontrol peralatan.

##### 2. *Remote*

Pengoperasian secara *remote* dilakukan dari jarak jauh menggunakan SCADA atau REMOCO.

## 2.8 REMOCO (*Remote Monitoring and Controlling*)

REMOCO (*Remote Monitoring and Controlling*) merupakan peralatan yang digunakan sebagai alat kontrol jarak jauh pada *recloser* dan LBS yang berbasis SMS Gateway. REMOCO pertama kali dibuat pada tahun 2010 oleh Y. B. Wawan, Faried Widya Nugroho, dan Ryan Wayuanto Candra di PT PLN (Persero) Area Tegal di bagian Operasi Jaringan. REMOCO dikendalikan oleh Petugas Pengatur Beban (*Dispatcher*) PT PLN (Persero) Area Tegal.

Latar belakang dibuatnya REMOCO yaitu karena SCADA sebagai alat kontrol jarak jauh pada *recloser* dan LBS sering kali mengalami kegagalan dalam pengoperasiannya karena sinyal GPRS yang dibutuhkan oleh SCADA belum menjangkau daerah-daerah terpencil. Selain itu, sulit untuk memperbaiki SCADA ketika mengalami kerusakan karena sulitnya mencari komponen pengganti, dan lokasi dari Area Pengatur Distribusi (APD) Jateng & DIY selaku petugas yang bisa memperbaiki SCADA berada di Semarang sehingga memakan waktu yang lama ketika proses perbaikan. Gambar 2.12 menunjukkan perangkat REMOCO yang terdapat di PT PLN (Persero) Area Tegal.



**Gambar 2.12** REMOCO (*Remote Monitoring and Controlling*)

### a. Fungsi dan Manfaat REMOCO



Fungsi dan manfaat dari REMOCO diantaranya::

1. Mengontrol *Recloser* dan LBS dari jarak jauh melalui perintah SMS (*Short Message Circuit*) yang menggunakan sinyal GSM.
2. Mengurangi durasi pemadaman karena memudahkan dan mempercepat pengoperasian *keypoint*.
3. Mengetahui status dari *Recloser* dan LBS (*open/close*) dari jarak jauh.
4. Menghemat biaya operasional dalam pengoperasian *keypoint*.

#### **b. Kelebihan dan Kekurangan REMOCO**

Kelebihan:

1. Jangkauan lebih luas dan stabil karena hanya menggunakan perintah SMS dengan sinyal GSM.
2. Pengoperasian dan pemeliharaannya lebih mudah.
3. Biaya operasional lebih ekonomis.
4. Tidak terlalu sulit mencari komponen pengganti ketika mengalami kerusakan.
5. Tidak bergantung pada jaringan internet.

Kekurangan:

1. Transfer data lambat karena menggunakan sinyal GSM.
2. Pengoperasiannya bergantung pada *provider* tertentu. Jadi ketika *provider* tersebut mengalami gangguan, maka REMOCO tidak dapat dioperasikan.
3. Tidak dapat membaca arus gangguan.

#### **c. Komponen Utama REMOCO**



**Gambar 2.13** GSM SMS *Controller* RTU5011<sup>[7]</sup>

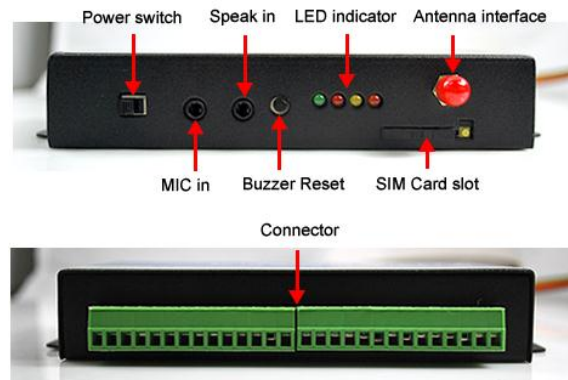
GSM SMS *Controller* RTU5011 adalah suatu perangkat yang memiliki fungsi utama untuk *remote* kontrol dan *monitoring* alarm *input* menggunakan SMS di dalam jaringan GSM.<sup>[7]</sup> GSM SMS *Controller* RTU5011 ditunjukkan pada gambar 2.13. GSM SMS *Controller* RTU5011 digunakan sebagai mikrokontroler yang dapat menerima dan mengirim SMS antara *keypoint* dan operator. RTU5011 dapat diprogram menggunakan *software* RTU5011.

Pada tabel 2.1 ditunjukkan spesifikasi dari GSM SMS *Controller* RTU5011 yang digunakan sebagai komponen utama dari REMOCO.

**Tabel 2.1** Spesifikasi GSM SMS *Controller* RTU5011<sup>[8]</sup>

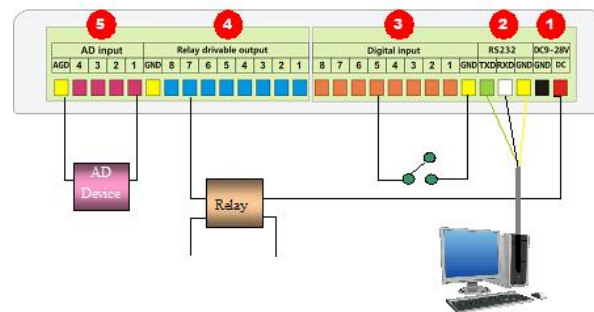
Catu Daya DC	9-28V DC
Rentang Frekuensi	Quad-frequency 900/1800/850/1900
Serial	RS-232C
Rentang Suhu	-30~+70 °C
Tegangan pin <i>output</i>	Sama dengan tegangan <i>input</i>
Antarmuka Audio	3.5mm audio <i>input</i> (MIC) dan audio <i>output</i> (Speaker)
Dimensi	130×80×25mm
Berat	370 g

Gambar 2.14 menunjukkan antarmuka yang terdapat pada RTU5011.



**Gambar 2.14** Antarmuka pada RTU5011<sup>[8]</sup>

Gambar 2.15 menunjukkan terminal pada RTU5011.



**Gambar 2.15** Terminal pada RTU5011<sup>[8]</sup>

Fungsi pin yang terdapat pada terminal RTU5011 yaitu:

1. *Power input* 9-28 VDC (DC +, GND -)
2. Koneksi ke komputer menggunakan kabel RS-232
3. 8 *Digital Input* untuk kontak *close* atau *open*
4. 8 *Digital Output* ke *relay* NO/NC (Tegangan menyesuaikan dengan *input* power VDC)
5. Koneksi ke perangkat analog (0-53mA atau 0-5V)

Pada tabel 2.2 ditunjukkan indikasi pada LED indikator yang terdapat pada RTU5011.

Tabel 2.2 Indikasi LED pada RTU5011<sup>[8]</sup>

Indikator	LED	Keterangan
<b>SRV (Orange)</b>	Menyala	Menyala ketika sistem menerima atau mengirim SMS dan mati ketika telah selesai. Menyala saat sistem <i>start</i> dan mati setelah proses <i>start</i> selesai
<b>ACT (Yellow)</b>	Berkedip	<i>Disarm status</i> : Berkedip sekali setiap 6 detik. <i>Arm status</i> : Berkedip cepat dua kali setiap 3 detik. <i>Setup mode</i> : Berkedip sekali setiap 600 milidetik
<b>NET (Red)</b>	Berkedip	Berkedip lambat setiap 3 detik setelah masuk ke jaringan GSM
<b>BAT(Green)</b>	Menyala	Menyala ketika baterai melakukan pengisian daya. Mati saat proses pengisian daya selesai.

Tabel 2.2 menunjukkan format SMS yang dapat mengontrol RTU5011.

Tabel 2.3 Daftar Perintah SMS pada RTU5011<sup>[8]</sup>

Fungsi	Perintah	Value
Menampilkan <i>daily report</i>	<b>DAYRP</b>	
Mengaktifkan <i>daily report</i> setiap pukul 10	<b>DAS1</b>	
Menonaktifkan <i>daily report</i> setiap pukul 10	<b>DAS0</b>	
Konfigurasi	Menambahkan nomor telepon:	<b>&lt;n&gt;</b> :

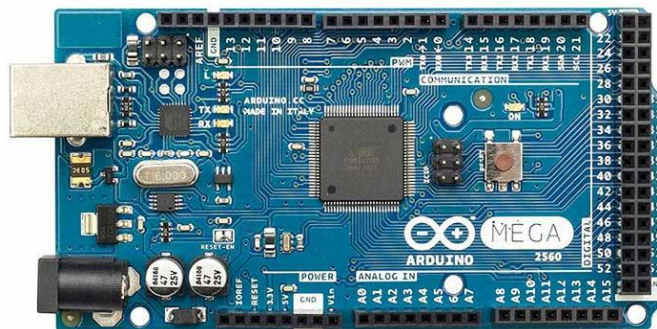
nomor CS	<p><b>CS&lt;n&gt;&lt;phone&gt;</b></p> <p>Menampilkan nomor yang didaftarkan: <b>CS&lt;n&gt;?</b></p> <p>Menampilkan seluruh nomor telepon yang didaftarkan: <b>CS?</b></p> <p>Menghapus nomor telepon: <b>CS&lt;n&gt;</b></p>	<p>0 – 9</p> <p><b>&lt;phone&gt;</b>: nomor telepon atau null</p>
Konfigurasi <i>digital input</i> <i>alarm sms</i>	<b>S&lt;n&gt;&lt;str&gt;</b>	<p><b>&lt;n&gt;</b>: 00-07</p> <p><b>&lt;str&gt;</b>: pesan yang akan dikirim</p>
Konfigurasi <i>digital input</i> <i>recovery sms</i>	<b>S&lt;n&gt;&lt;str&gt;</b>	<p><b>&lt;n&gt;</b>: 08-15</p> <p><b>&lt;str&gt;</b>: pesan yang akan dikirim</p>
Menampilkan status digital <i>input</i> yang sedang terjadi	<b>IOIS</b>	
Menampilkan status digital <i>output</i> yang sedang terjadi	<b>IOOS</b>	

<i>Open output</i>	<b>IOOL&lt;nnnnnnnn&gt;</b>	<b>&lt;nnnnnnnn&gt;:</b> satu digit atau banyak digit nomor
<i>Close output</i>	<b>IOOH&lt;nnnnnnnn&gt;</b>	<b>&lt;nnnnnnnn&gt;:</b> satu digit atau banyak digit nomor
<i>Output pulse</i> selama 1,5 detik	<b>IOOP&lt;nnnnnnnn&gt;</b>	<b>&lt;nnnnnnnn&gt;:</b> satu digit atau banyak digit nomor
Menyesuaikan waktu pada GSM SMS Controller RTU5011	<b>999</b>	

## 2.9 Arduino Mega 2560

*Microcontroller* adalah sebuah sistem komputer yang dibangun pada sebuah keping (*chip*) tunggal yang dapat dipergunakan untuk mengontrol alat. *Microcontroller* disusun oleh beberapa komponen, yaitu CPU (*Central Processing Unit*), *memory*, dan I/O (*Input Output*).<sup>[9]</sup>

Sedangkan *Arduino Mega 2560* adalah papan *microcontroller* yang berbasis Atmega 2560. *Arduino Mega 2560* memiliki 54 pin *input/output* digital (14 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM), 16 pin sebagai *input* analog, 4 pin sebagai UARTs (*port serial* untuk *hardware*), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, *jack power*, *header ICSP*, dan tombol *reset*. *Arduino Mega 2560* mempunyai fitur lengkap yang mampu mendukung *microcontroller* di dalamnya.<sup>[10]</sup> Gambar 2.16 menunjukkan perangkat *Arduino Mega 2560*.



**Gambar 2.16** *Arduino Mega 2560*<sup>[10]</sup>

*Arduino Mega 2560* dapat diaktifkan dengan cara menghubungkannya dengan komputer menggunakan kabel USB, *adaptor* AC/DC, atau baterai. *Arduino Mega 2560* kompatibel dengan sebagian besar *shield* yang dirancang untuk *Arduino Duemilanove* atau *Arduino Diecimila*.

Tabel 2.4 menunjukkan spesifikasi yang dimiliki oleh *Arduino Mega 2560*.

**Tabel 2.4** Spesifikasi *Arduino Mega 2560*<sup>[10]</sup>

<i>Microcontroller</i>	<i>Atmega 2560</i>
Tegangan Operasi	5 V
Tegangan <i>Input</i>	7-12 V
Tegangan <i>Input</i> (batasan)	6-20 V
Jumlah pin <i>I/O</i> digital	54 pin (14 pin sebagai <i>output</i> PWM)
Jumlah pin <i>input</i> analog	16 pin
Arus DC pada setiap pin <i>I/O</i>	40 mA
Arus DC untuk pin 3,3 V	50 mA
<i>Flash Memory</i>	256 KB (8 KB untuk <i>bootloader</i> )
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
<i>Clock Speed</i>	16 MHz

**a. Power Supply**

*Arduino Mega 2560* dapat diaktifkan menggunakan kabel USB yang dihubungkan ke komputer atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Sumber daya eksternal (tanpa USB) dapat diambil dari adaptor AC/DC atau baterai. Jika menggunakan *adaptor* maka pemasangannya menggunakan steker 2,1 mm yang langsung dihubungkan ke *power jack* pada papan. Sedangkan jika menggunakan baterai maka sisi positif dan negatif baterai dihubungkan ke pin Vin dan Gnd pada papan *Arduino*.

Papan *Arduino* dapat bekerja dengan sumber eksternal dari 6 sampai 20 V. Jika diberi tegangan kurang dari 7V, maka tegangan pada pin *output 5V* pada *Arduino* menjadi turun dan tidak stabil. Jika diberi tegangan lebih dari 12 V, maka penstabil tegangan (*voltage regulator*) pada *Arduino* akan mengalami panas yang berlebihan dan bisa merusak papan. Rentang sumber tegangan yang direkomendasikan adalah 7 sampai 12 V.

Berikut ini adalah pin tegangan yang tersedia pada papan *Arduino* :

1. VIN, pin untuk *input* tegangan ke *Arduino* jika menggunakan sumber eksternal.
2. 5V, pin *output* ter-regulator dengan tegangan 5V. Tegangan ini sudah diatur dari regulator yang tersedia (*built-in*) pada papan *Arduino*.
3. 3.3V, pin *output* ter-regulator dengan tegangan 3.3V.
4. GND, pin *ground*.

#### **b. Memori**

Mikrokontroler Atmega 2560 mempunyai 256 KB *flash memori* untuk menyimpan kode (yang mana 8KB digunakan untuk *bootloader*), 8 KB SRAM



(*Static Random Access Memory*), dan 4 KB EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*).

### c. *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 mempunyai arus maksimum 40 mA dan mempunyai resistor *pull-up* internal dengan hambatan 20-50 kOhms.

Berikut adalah beberapa pin yang memiliki fungsi khusus :

1. **Serial: 0 (RX) dan 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) dan 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) dan 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) dan 14 (TX).** Pin ini digunakan 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. **I<sup>2</sup>C: 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**, digunakan untuk mengubah tegangan referensi pada *input* analog.
2. **Reset**, digunakan untuk menghidupkan ulang *microcontroller*.

#### **d. Komunikasi**

*Arduino Mega 2560* mempunyai beberapa fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, dengan *Arduino* yang lain, atau dengan *microcontroller* 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*.

#### **e. Pemrograman**

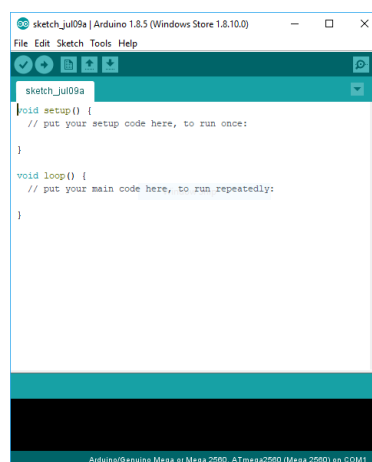
*Arduino Mega 2560* dapat diprogram menggunakan aplikasi IDE (*Integrated Development Environment*) yang merupakan *software open source* dari *Arduino*. *Software* ini berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner, dan meng-*upload* ke dalam *memory* mikrokontroler.

Berikut adalah cara menggunakan *software Arduino IDE* :

1. Jalankan aplikasi *Arduino IDE* yang sudah *terinstall* pada komputer, seperti ditunjukkan pada gambar 2.17. Kemudian gambar 2.18 merupakan tampilan awal dari aplikasi *Arduino IDE*.

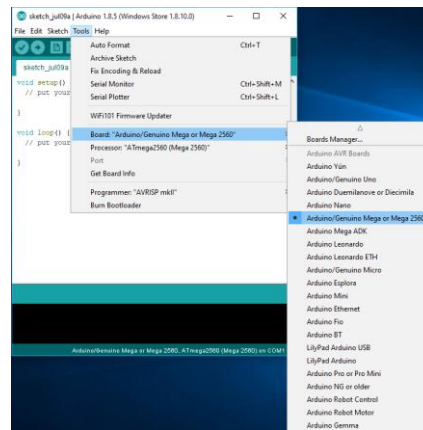


**Gambar 2.17** Aplikasi *Arduino IDE*



**Gambar 2.18** Tampilan Awal Aplikasi *Arduino IDE*

2. Pilih menu **Tools** → **Board**. Karena *Arduino* yang digunakan dalam tugas akhir adalah *Arduino Mega 2560*, maka pilih *board* yang bernama “*Arduino Mega or Mega 2560*”, ditunjukkan pada gambar 2.19 berikut.



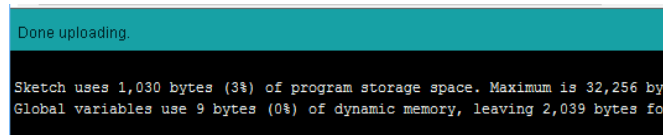
**Gambar 2.19** Memilih *Board Arduino Mega 2560*

3. Tulis *sketch* (program) sesuai *project* yang dikerjakan, atau dapat memilih menu **File** → **Examples** → **Basics**, kemudian pilih *library* yang hendak dijalankan. Hasil dari proses ini ditunjukkan pada gambar 2.20. Bagian *examples* ini berisi contoh-contoh *sketch* bawaan *Arduino* yang sangat mempermudah *user* ketika memprogram *Arduino*.



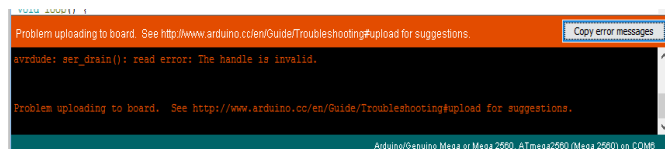
**Gambar 2.20** Contoh *Sketch LED*

4. Klik tombol **Upload** pada *toolbar* untuk mengirim *sketch* tersebut ke *Arduino*. Dapat dilihat bahwa lampu LED RX pada *Arduino* akan berkedip-kedip ketika menerima program. Jika program berhasil di-*upload* maka akan muncul tampilan seperti gambar 2.21.



**Gambar 2.21** Tampilan Pengiriman *Sketch* Berhasil

Sebaliknya, jika terjadi kesalahan pada program dan pengiriman data gagal, maka akan muncul tampilan seperti gambar 2.22.



**Gambar 2.22** Tampilan Pengiriman *Sketch* Gagal

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

Papan *Arduino* 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 tersebut tidak dapat digunakan untuk *input/output* umum ketika menggunakan *ethernet shield*. Gambar 2.23 menunjukkan perangkat *ethernet shield* yang kompatibel dengan *Arduino Mega 2560*.



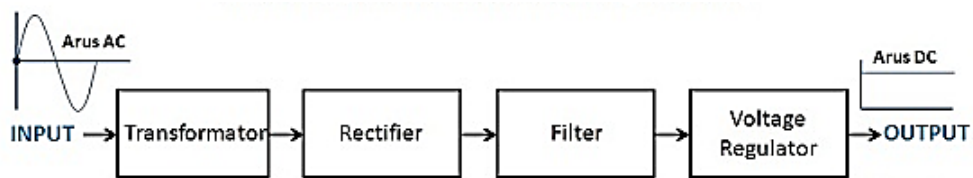
**Gambar 2.23** *Ethernet Shield*<sup>[11]</sup>

Untuk menghubungkan *Ethernet Shield* dengan jaringan, dibutuhkan beberapa pengaturan dasar. *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>[11]</sup>

## 2.11 Rangkaian Catu Daya

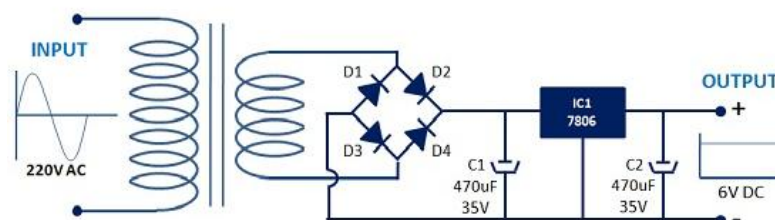
Pada umumnya arus listrik yang tersedia di rumah, kantor, dan pabrik adalah Arus Bolak-balik atau arus AC (*Alternating Current*). Akan tetapi, peralatan elektronika yang kita gunakan sebagian besar membutuhkan arus DC dengan tegangan yang lebih rendah untuk pengoperasiannya. Oleh karena itu, hampir

setiap peralatan elektronika memiliki sebuah rangkaian yang berfungsi untuk mengubah arus listrik dari arus AC menjadi arus DC dengan tegangan keluaran yang sesuai dengan kebutuhan. Rangkaian yang mengubah arus listrik AC menjadi DC ini disebut dengan *DC Power Supply* atau catu daya DC dengan diagram blok kerja ditunjukkan pada gambar 2.24.



**Gambar 2.24** Diagram Blok Rangkaian Catu Daya<sup>[12]</sup>

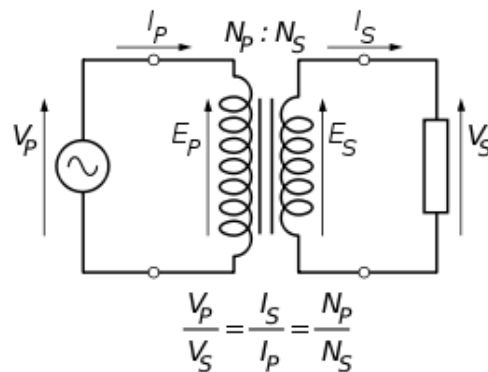
Sebuah DC Power Supply atau Adaptor pada dasarnya memiliki 4 bagian utama agar dapat menghasilkan arus DC yang stabil. Keempat bagian utama tersebut diantaranya adalah *Transformer*, *Rectifier*, *Filter* dan *Voltage Regulator*. Gambar 2.25 menunjukkan contoh rangkaian catu daya dengan tegangan keluaran sebesar 6 VDC.



**Gambar 2.25** Rangkaian Catu Daya<sup>[12]</sup>

### 2.11.1 Transformator

Transformator merupakan suatu alat listrik yang mengubah tegangan arus bolak-balik dari satu tingkat ke tingkat yang lain melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnet.<sup>[13]</sup> Bagan sederhana dari transformator ditunjukkan pada gambar 2.26.



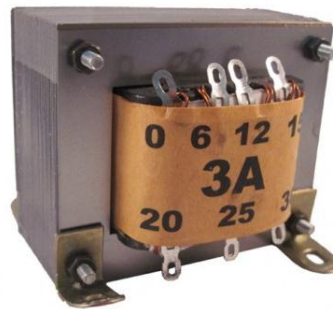
**Gambar 2.26** Bagan Sederhana Transformator<sup>[13]</sup>

Transformator (*Transformer*) atau disingkat dengan Trafo yang digunakan untuk DC *Power supply* adalah Trafo *Step-down* yang berfungsi untuk menurunkan tegangan listrik sesuai dengan kebutuhan komponen elektronika yang terdapat pada rangkaian *adaptor* (DC *Power Supply*).

Transformator bekerja berdasarkan prinsip Induksi elektromagnetik yang terdiri dari 2 bagian utama yang berbentuk lilitan yaitu lilitan primer dan lilitan sekunder. Lilitan primer merupakan *input* dari Transformator dan lilitan sekunder sebagai *output*-nya. Meskipun tegangan sudah diturunkan, *output* dari Transformator masih berbentuk arus bolak-balik (arus AC) yang harus diproses selanjutnya.

Gambar 2.27 merupakan *transformator step down* dari tegangan primer 220 V AC menjadi tegangan sekunder dengan pilihan tegangan 6, 12, 15, 20, 25, atau 30 V AC.

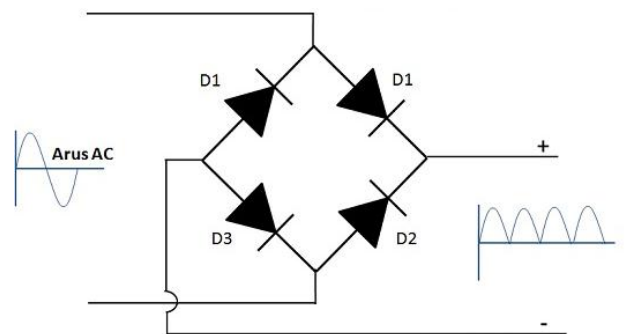




**Gambar 2.27** Transformator

### 2.11.2 Rectifier

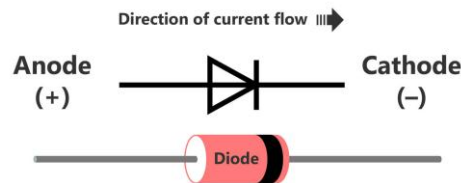
Penyearah gelombang (*rectifier*) adalah rangkaian elektronika dalam catu daya yang berfungsi untuk mengubah gelombang AC menjadi gelombang DC setelah tegangannya diturunkan oleh Transformator *Step-down*. Rangkaian *Rectifier* biasanya terdiri dari komponen dioda seperti ditunjukkan pada gambar 2.28.



**Gambar 2.28** Rangkaian *Rectifier*<sup>[12]</sup>

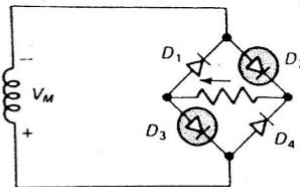
Dioda bersifat menghantarkan arus listrik hanya pada satu arah saja, yaitu jika kutub anoda dihubungkan pada tegangan positif dan kutub katoda dihubungkan dengan tegangan negatif (bias maju) maka akan mengalir arus listrik dari anoda ke katoda (dioda bersifat konduktor). Jika polaritasnya dibalik (bias mundur) maka arus yang mengalir hampir nol atau dioda akan bersifat sebagai isolator. Biasanya pada power supply digunakan rangkaian penyearah gelombang penuh

(*Full Wave Rectifier*) yang terdiri dari 2 atau 4 komponen dioda. Struktur dioda ditunjukkan pada gambar 2.29.



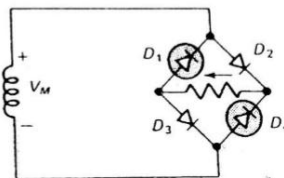
**Gambar 2.29** Struktur Dioda<sup>[14]</sup>

Prinsip kerja penyearah gelombang penuh yaitu selama setengah siklus positif tegangan sekunder trafo, dioda D2 dan D3 akan dibias *forward* sedangkan dioda D1 dan D4 *bias reverse*, oleh sebab itu arus beban ke arah kiri. Proses ini ditunjukkan dalam gambar 2.30.

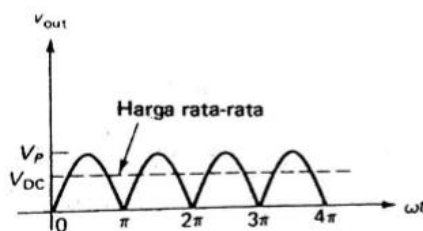


**Gambar 2.30** Penyearah Jembatan Setengah Siklus Positif<sup>[15]</sup>

Kemudian selama setengah siklus negatif, dioda D1 dan D4 akan dibias *forward*, sehingga arus beban akan ke arah kiri. Proses ini ditunjukkan dalam gambar 2.31. Sinyal gelombang penuh ditunjukkan pada gambar 2.32.



**Gambar 2.31** Penyearah Jembatan Setengah Siklus Negatif<sup>[15]</sup>



**Gambar 2.32** Sinyal Gelombang Penuh<sup>[15]</sup>

### 2.11.3 Filter

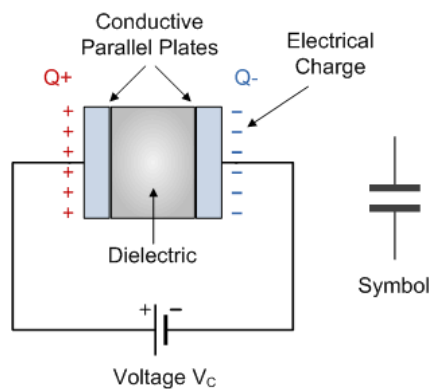
Suatu penyaring (*filter*) listrik adalah suatu rangkaian yang melewatkan arus searah dan menolak komponen arus bolak-balik.<sup>[16]</sup> Dalam rangkaian *power supply*, *filter* digunakan untuk meratakan sinyal arus yang keluar dari *rectifier*. Filter ini biasanya terdiri dari komponen kapasitor (kondensator) yang berjenis Elektrolit atau ELCO (*Electrolyte Capacitor*) seperti ditunjukkan pada gambar 2.33.



**Gambar 2.33** Kapasitor ELCO<sup>[16]</sup>

Dalam rangkaian catu daya pada umumnya, ELCO lebih banyak digunakan sebagai filter karena memiliki kapasitas paling tinggi jika dibandingkan dengan jenis kapasitor yang lain. Meskipun menggunakan penyearah gelombang penuh sudah mengurangi komponen AC dari 121% menjadi 48% dari komponen DC-nya, namun keluarannya masih kurang baik untuk penggunaan peralatan elektronika pada umumnya.

Kemampuan kapasitor untuk dapat menampung muatan elektron dinamakan kapasitansi dimana kapasitor akan memiliki kapasitansi 1 *farad* jika dengan tegangan 1 volt ia dapat memuat muatan elektron sebanyak 1 *couloumb* ( $6,25 \times 10^{18}$ ). Gambar 2.34 merupakan struktur dari kapasitor.



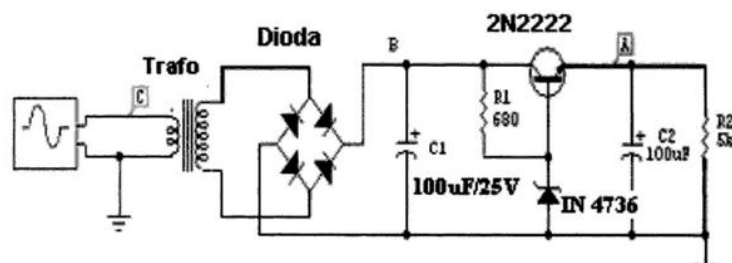
**Gambar 2.34** Struktur Kapasitor<sup>[16]</sup>

Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 buah pelat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan *dielektrik* (keramik, gelas, kertas, dll) ditunjukkan pada gambar 2.34. Jika kedua ujung pelat metal diberi tegangan listrik, maka muatan-muatan positif akan berkumpul pada salah satu kaki elektroda metalnya dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif terkumpul pada ujung metal yang lain. Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung kutub negatif dan sebaliknya muatan negatif tidak bisa menuju ke ujung kutub positif, karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non-konduktif. Muatan elektrik ini tersimpan selama tidak ada konduksi pada ujung-ujung kakinya.

#### 2.11.4 Regulator Tegangan

Regulator tegangan merupakan rangkaian yang digunakan sebagai penstabil tegangan catu daya. Rangkaian ini dapat memberikan *output* tegangan DC yang teratur atau tetap pada nilai yang telah ditentukan meskipun tegangan masukan

catu atau beban yang tersambung berubah-ubah.<sup>[17]</sup> Gambar 2.35 menunjukkan rangkaian catu daya yang menggunakan dioda zener sebagai penstabil tegangan.



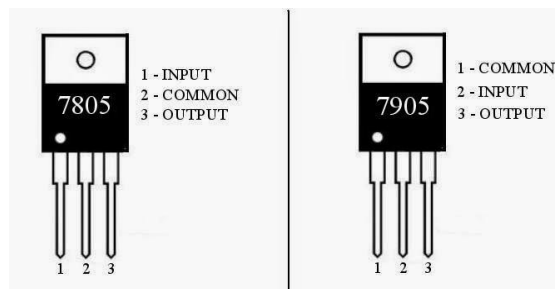
**Gambar 2.35** Dioda Zener pada Catu Daya<sup>[18]</sup>

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 spesifikasi dioda tersebut. Oleh karena itu, meski mendapatkan catu secara *reverse*, apabila tegangan catu kurang dari tegangan tembus maka arus dari katoda tidak akan mengalir menuju anoda.

Dioda zener akan memberikan tegangan *output* yang relatif tetap sesuai dengan spesifikasi tegangan zener tersebut. Misalnya dioda zener memiliki spesifikasi tegangan 5 Volt, maka ketika dilewati sebuah tegangan 6,5 Volt, tegangan *output* dioda akan tetap pada batas 5 Volt. Namun ketika tegangan yang melewati dioda zener sudah melewati batas toleransi yang diijinkan, misal 8 Volt, maka dioda zener sudah tidak mampu lagi menahan tegangan spesifikasi 5 Volt tersebut. Akibatnya, kondisi dioda zener akan mengalami kerusakan.

Penggunaan *regulator* tegangan yang sekarang banyak digunakan sudah dalam bentuk *chip* IC, seperti ditunjukkan pada gambar 2.36. IC *regulator*

tegangan tetap adalah keluarga 78XX untuk tegangan positif dan seri 79XX untuk tegangan negatif.



**Gambar 2.36** Diagram *Pin out* dari *Voltage Regulator*<sup>[19]</sup>

Besarnya tegangan keluaran IC seri 78XX dan 79XX ini dinyatakan dengan dua angka terakhir pada serinya. Contoh IC 7812 adalah regulator tegangan positif dengan tegangan keluaran 12 volt, sedangkan IC 7912 adalah regulator tegangan negatif dengan tegangan keluaran -12 volt. Tabel 2.5 berikut ini menunjukkan beberapa tipe regulator beserta batasan tegangannya.

**Tabel 2.5** Tegangan *Input* IC L7805 dan IC L7812<sup>[19]</sup>

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

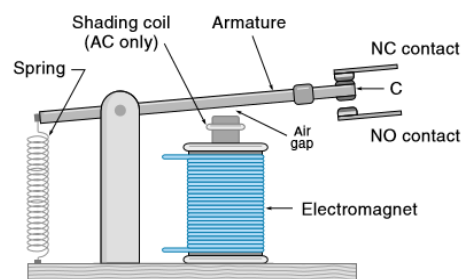
Batasan nilai tegangan masukan IC regulator yang terdapat dalam tabel adalah nilai DC, bukan tegangan sekunder dari trafo. Berdasarkan tabel 2.5 di atas, diambil kesimpulan bahwa nilai tegangan *output* akan tetap konstan meskipun tegangan *input* bervariasi, namun dalam *range* tertentu.

Pemakaian *heatsink* (aluminium pendingin) dianjurkan jika komponen ini digunakan untuk mencatu arus yang besar. Di dalam *datasheet*, komponen IC regulator tegangan hanya bisa dilewati arus maksimal 1 Ampere. Kemampuan memberikan catu daya dari IC regulator tegangan dapat ditingkatkan kapasitasnya dengan menambahkan transistor eksternal, bisa transistor NPN atau PNP.

Transistor adalah komponen semikonduktor yang terdiri atas sebuah bahan tipe *p* dan diapit oleh dua bahan tipe *n* (transistor NPN) atau terdiri atas sebuah bahan tipe *n* dan diapit oleh dua bahan tipe *p* (transistor PNP). Ketiga terminal transistor disebut *Emitor*, *Basis*, dan *Collector*. Dengan penambahan transistor luar, maka sebagian besar dari arus akan dilewatkan pada transistor ini, sehingga IC regulator tegangan hanya berfungsi sebagai pengontrol tegangan.

## 2.12 Relay

*Relay* menggunakan elektromagnet untuk menghasilkan tenaga penutupan atau pembukaan kontak, atau dengan kata lain, *relay* merupakan sakelar elektrik.<sup>[20]</sup> Gambar 2.37 Menunjukkan bagian-bagian dari *relay*.

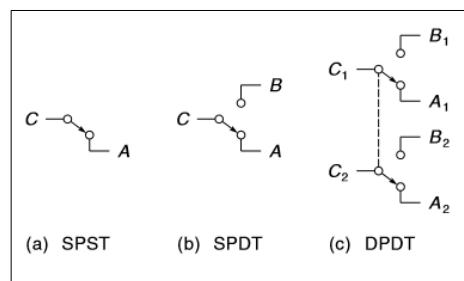


**Gambar 2.37** Bagian-Bagian dari *Relay*<sup>[20]</sup>

Di dunia elektronika, *relay* dikenal sebagai komponen yang dapat mengimplementasikan logika *switching*. Relay elektromekanik terdiri atas *coil* (kumparan) dan kontak. Cara kerja *relay* yaitu jika *coil* diberikan arus listrik,

maka kumparan tersebut akan menjadi elektromagnet yang menarik kontak. Kontak dapat berupa kontak *normally open* (NO) maupun kontak *normally closed* (NC). Kontak NO berarti kondisi awal *relay* sebelum diaktifkan statusnya terbuka dan jika diberi *input* maka kontak akan menutup, sedangkan kontak NC berarti kondisi awal *relay* sebelum diaktifkan berstatus tertutup.

Berdasarkan jumlah *pole* (kontak) dan jumlah *throw* (kondisi kontak) maka *relay* dapat digolongkan menjadi *Single Pole Single Throw* (SPST), *Single Pole Double Throw* (SPDT), dan *Double Pole Double Throw* (DPDT). Gambar 2.39 menunjukkan jenis *relay* berdasarkan jumlah *pole* dan *throw*-nya.



**Gambar 2.38** Jenis *Relay* Berdasarkan *Pole* dan *Throw*<sup>[20]</sup>

Gambar 2.39 menunjukkan salah satu contoh *relay* yang ada di pasaran yakni *relay Sngle SRD* yang beroperasi pada tegangan 12 V DC.



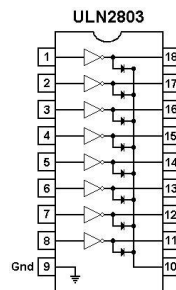
**Gambar 2.39** *Relay Sngle SRD*<sup>[21]</sup>

### 2.13 IC ULN2803

IC ULN2803 memiliki 8 buah pasangan transistor *Darlington npn*, dengan tegangan *output* maksimal 50 V dan arus setiap pin mencapai 500mA. ULN2803

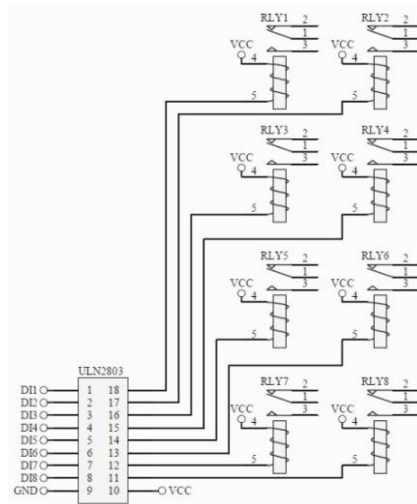


mempunyai 18 pin dengan rincian pin 1-8 digunakan untuk menerima sinyal tingkat rendah, pin 9 sebagai ground, pin 10 sebagai Vcc, dan pin 11-18 merupakan *output*. Pin-*out* diagram dari ULN2803 ditunjukkan pada gambar 2.40.



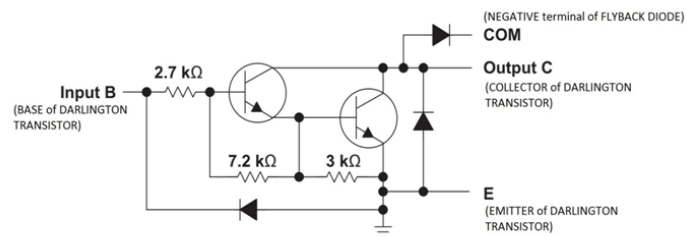
**Gambar 2.40** Pin-*out* Diagram ULN 2803<sup>[22]</sup>

Pasangan transistor *Darlington* adalah penggabungan dua buah transistor bipolar. Keuntungan transistor *Darlington* yakni mempunyai impedansi *input* tinggi dan impedansi *output* rendah serta memiliki penguatan (*gain*) yang tinggi karena hasil penguatan transistor yang pertama akan dikuatkan lebih lanjut oleh transistor yang kedua.<sup>[23]</sup> Salah satu aplikasi dari IC ULN 2803 adalah *driver relay*. Rangkaian ini digunakan sebagai antarmuka antara *relay* yang memiliki tegangan kerja bervariasi (misal 24 V) dengan *microcontroller* yang hanya bertegangan 5 V seperti *Arduino*. Sebab, tegangan *output* mikrokontroler sebesar 5V tersebut belum bisa digunakan untuk mengaktifkan *relay*. Gambar 2.41 menunjukkan contoh rangkaian *driver relay* menggunakan IC ULN2803.



**Gambar 2.41** Rangkaian *Driver Relay* dengan IC ULN 2803<sup>[23]</sup>

Pasangan Darlington didalam IC ULN 2803 ditunjukkan pada gambar 2.42 berikut.



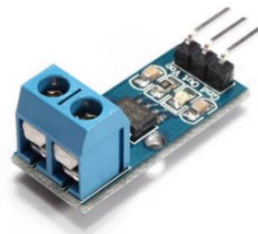
**Gambar 2.42** Pasangan *Darlington* dalam *ULN2803*<sup>[23]</sup>

Gambar 2.42 menunjukkan rangkaian internal dalam setiap pin dalam ULN 2803, dimana transistor dimanfaatkan sebagai sakelar untuk memacu kerja *relay*. Terlihat bahwa rangkaian Darlington terdiri dari dua buah transistor bipolar yang penguatannya lebih tinggi karena arus akan dikuatkan oleh transistor pertama dan akan dikuatkan lagi oleh transistor yang kedua untuk mendapatkan arus yang besar yang disebut  $\beta$  atau  $h_{FE}$ .

Ketika *input* belum mendapat tegangan, maka transistor satu (Q1) dan transistor dua (Q2) tidak akan aktif karena tidak adanya arus yang mengalir ke basis. Namun ketika *input* mendapat tegangan 5 Volt, maka arus *input* akan naik sehingga kedua transistor Q1 dan Q2 akan aktif/bekerja. Arus *input* Q2 merupakan kombinasi dari arus *input* dan arus *emiter* dari Q1, sehingga Q2 akan mengalirkan arus lebih banyak daripada Q1. Arus yang mengalir keluar dari Q2 akan memberikan jalan bagi rangkaian yang tersambung pada *output* ULN2803, misalnya relay, untuk tersambung ke *ground*. Sehingga bisa dikatakan bahwa *output* dari ULN2803 adalah nol atau *ground*.

#### 2.14 Sensor Arus ACS712

ACS712 merupakan suatu IC terpaket yang berfungsi sebagai sensor arus menggantikan transformator arus yang relatif besar dalam hal ukuran. ACS712 merupakan sensor yang ekonomis dan presisi baik untuk pengukuran AC ataupun DC dan sensor ini memiliki tipe variasi sesuai arus maksimalnya yakni 5 A, 20 A, dan 30 A dengan Vcc 5 V. Gambar 2.43 menunjukkan sensor arus ACS712.



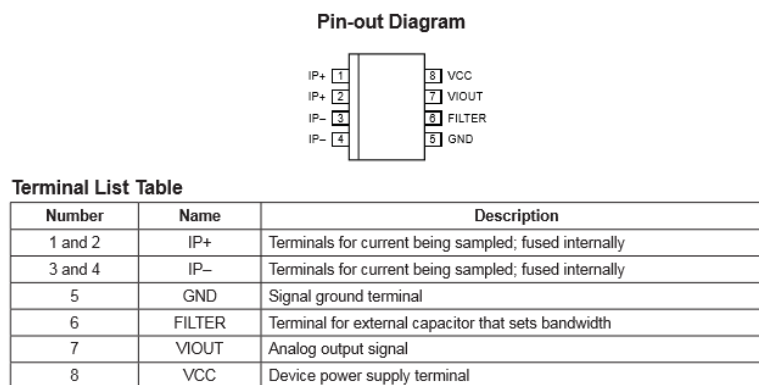
**Gambar 2.43** Sensor Arus ACS712<sup>[24]</sup>

Beberapa fitur dari sensor arus ACS712 adalah:

1. Waktu kenaikan perubahan luaran adalah 5  $\mu$ s.
2. Total kesalahan luaran 1,5% pada suhu TA=25°C.

3. Mampu mengukur arus AC maupun arus DC.
4. Tegangan kerja 5 V DC.

Gambar 2.44 menunjukkan diagram *pinout* dari sensor arus ACS712.



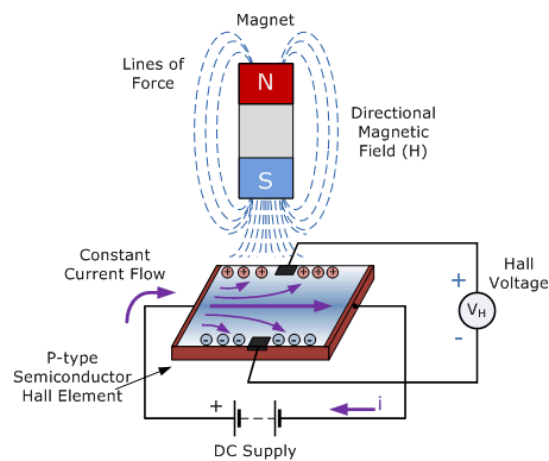
**Gambar 2.44** *Pin-out* Diagram ACS712<sup>[24]</sup>

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

Pada ACS712, pendeteksian arus dimulai dengan fenomena yang dinamakan Hukum *Faraday* tentang induksi. Hukum ini menjelaskan bagaimana arus listrik yang mengalir melalui konduktor akan menimbulkan medan elektromagnetik, dan bagaimana perubahan pada medan elektromagnetik dapat membuat atau menginduksi arus ke konduktor.

Tahap selanjutnya adalah efek *Hall*. Efek *Hall* adalah peristiwa membeloknya arus listrik di dalam pelat konduktor karena adanya pengaruh

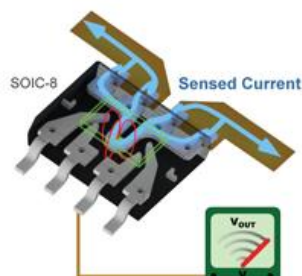
medan magnet.<sup>[25]</sup> Ketika arus listrik ( $I$ ) mengalir pada lempengan logam dan logam tersebut terpengaruh oleh medan magnet ( $B$ ) yang tegak lurus dengan arus, maka pembawa muatan (*charge carrier*) yang bergerak pada logam akan mengalami pembelokan oleh medan magnet tersebut. Akibat dari 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*.<sup>[25]</sup> Proses ini ditunjukkan dalam gambar 2.45.



**Gambar 2.45** Prinsip Kerja Efek *Hall*<sup>[26]</sup>

Pada *ACS712* pin yang dialiri arus akan terhubung ke konduktor tembaga yang terhubung secara internal sehingga arus akan banyak mengalir pada bagian ini. *ACS712* memiliki sensor efek *Hall* yang diletakkan di dekat konduktor tembaga sehingga jika arus mengalir melalui konduktor dan menghasilkan medan magnet, medan magnet ini akan dideteksi oleh sensor efek *Hall* (berupa lempengan bahan semikonduktor) yang *outputnya* berupa tegangan dengan nilai

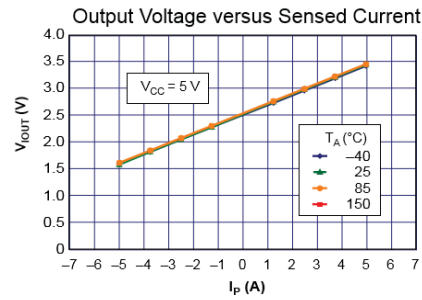
sesuai dengan arus *input*. Proses deteksi arus ACS712 ini ditunjukkan dalam gambar 2.46.



**Gambar 2.46** Prinsip Kerja Sensor Arus ACS 712<sup>[27]</sup>

Karakteristik dari sensor ini adalah ketika tidak ada arus yang mengalir pada rangkaian maka keluaran sensor adalah setengah dari  $V_{cc}$  yaitu 2,5 V. Dan 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 2.47 Menunjukkan hubungan antara tegangan *output* dengan arus yang dideteksi sensor.

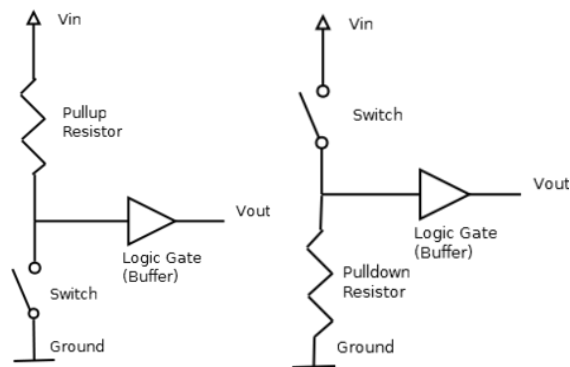
Sensor arus yang dipasang di alat ini merupakan ACS712ELCTR-30A-T. Besar arus maksimum yang dapat dideteksi sebesar 30 A di mana tegangan pada pin keluaran akan berubah secara linear mulai dari 2,5 Volt ( $\frac{1}{2} \times V_{CC}$ , tegangan catu daya  $V_{CC} = 5$  V) untuk kondisi tidak ada arus hingga 4,5 V pada arus sebesar +30 A atau 0,5 V pada arus sebesar -30A (positif/negatif tergantung polaritas, nilai di bawah 0,5V atau di atas 4,5V dapat dianggap lebih dari batas maksimal). Perubahan tingkat tegangan berkorelasi linear terhadap besar arus sebesar 66 mV / Ampere. Hubungan antara tegangan output dengan besarnya arus ditunjukkan pada gambar 2.47.



**Gambar 2.47** Hubungan Tegangan *Output* dengan Arus<sup>[27]</sup>

### 2.15 Rangkaian *Pull Down*

Untuk mencegah hubungan pendek, kita perlu menahan, atau menghambat arus listrik yang mengalir dari sumber tegangan ke *ground*. Untuk melakukan hal ini kita dapat menggunakan resistor. Pada rangkaian *Pull-up*, resistor dipasang tepat sesudah sumber tegangan untuk menghambat arus yang keluar dari tegangan. Pada rangkaian *Pull-down*, resistor dipasang tepat sebelum *ground* untuk menghambat arus yang mengalir ke *ground*. Berdasarkan penjelasan di atas, maka *Pull Up* Resistor adalah resistor yang dipasang antara rangkaian dan sumber tegangan untuk memastikan bahwa kondisi awal rangkaian adalah ON. Sedangkan *Pull Down* resistor adalah resistor yang dipasang antara rangkaian dan *ground* untuk memastikan bahwa kondisi awal rangkaian adalah OFF. Rangkaian *pull up* dan *pull down* resistor ditunjukkan pada gambar 2.48.



**Gambar 2.48** Rangkaian *Pull-Up* dan *Pull Down Resistor*<sup>[28]</sup>

Pada *microcontroller* dikenal istilah logika *high* dan *low* dimana sinyal akan *high* ketika pin *input* dihubungkan dengan tegangan positif (5 VDC pada *Arduino Mega 2560*) dan *low* ketika pin *input* dihubungkan dengan *ground*. Jika pin *input* tidak terhubung dengan tegangan positif ataupun *ground*, akan terjadi *floating*, sehingga rangkaian *pull down resistor* digunakan untuk memberikan logika yang jelas pada *microcontroller*. Artinya, ketika *push button switch* ditekan maka pin *input* akan mendeteksi logika *high* karena terhubung dengan tegangan positif, dan sebaliknya ketika *push button switch* tidak ditekan maka pin *input* akan terhubung dengan *ground* dan mendeteksi logika *low*.

## 2.16 Push Button

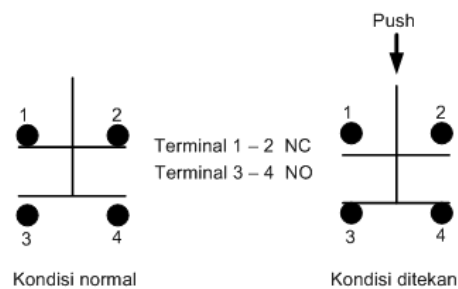
*Push button switch* (sakelar tombol tekan) adalah sakelar sederhana yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik dengan sistem kerja tekan *unlock* (tidak mengunci). Sistem kerja tekan *unlock* berarti sakelar akan bekerja sebagai pemutus aliran arus listrik hanya saat tombol ditekan.<sup>[29]</sup> Push Button Switch ditunjukkan pada gambar 2.49.





**Gambar 2.49** *Push Button Switch*<sup>[29]</sup>

Berdasarkan fungsi kerjanya yang menghubungkan dan memutuskan, *push button switch* mempunyai 2 tipe kontak yaitu NC (*Normally Close*) dan NO (*Normally Open*) seperti ditunjukkan pada gambar 2.50.



**Gambar 2.50** Fungsi Kerja *Push Button Switch*<sup>[29]</sup>

1. NO (*Normally Open*), merupakan kontak terminal dimana kondisi normalnya terbuka (aliran arus listrik tidak mengalir), dan ketika tombol sakelar ditekan, kontak yang NO ini akan menjadi menutup (*Close*) dan mengalirkan atau menghubungkan arus listrik.
2. NC (*Normally Close*), merupakan kontak terminal dimana kondisi normalnya tertutup (mengalirkan arus listrik), dan ketika tombol sakelar *push button* ditekan, kontak NC ini akan menjadi membuka (*Open*), sehingga memutus aliran arus listrik.

## 2.17 VTScada

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 awal tahun 2014, Trihedral Engineering mengeluarkan versi 11, dan produk VTS dan VTScada digabung menjadi satu produk yang sekarang dikenal dengan nama VTScada.

VTScada memberi *fitur* untuk menciptakan aplikasi pemantauan dan kontrol industri. VTScada dapat menghubungkan peralatan I/O dalam jumlah yang besar. Trihedral Engineering telah mengembangkan VTScada lebih dari 100 I/O *driver* yang dapat digunakan berinteraksi dengan peralatan I/O. Tampilan awal VTScada ditunjukkan pada gambar 2.51.



**Gambar 2.51** Tampilan Awal VTScada

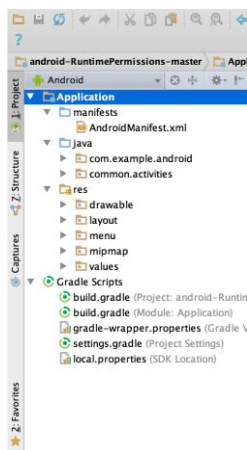
## 2.18 Android Studio

Android Studio adalah Lingkungan Pengembangan Terpadu - *Integrated Development Environment* (IDE) untuk pengembangan aplikasi Android. <sup>[30]</sup>

Selain merupakan editor kode *IntelliJ* dan alat pengembang yang sangat berguna, Android Studio menawarkan fitur lebih banyak untuk meningkatkan produktivitas saat membuat aplikasi Android, misalnya:

- Sistem versi berbasis *Gradle* yang fleksibel.
- *Instant Run* untuk mendorong perubahan ke aplikasi yang berjalan tanpa membuat APK baru.
- Dukungan C++ dan NDK.

Secara *default*, Android Studio akan menampilkan file proyek dalam tampilan proyek Android, seperti yang ditampilkan dalam gambar 2.52. Tampilan disusun berdasarkan modul untuk memberikan akses cepat ke file sumber utama proyek.



**Gambar 2.52** *Android Studio*

Semua file versi terlihat di bagian atas di bawah *Gradle Scripts* dan masing-masing modul aplikasi berisi folder berikut:

- manifests: Berisi file *AndroidManifest.xml*.
- java: Berisi file kode sumber Java, termasuk kode pengujian *JUnit*.

- res: Berisi semua sumber daya bukan kode, seperti tata letak XML, string UI, dan gambar bitmap.