

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Dalam pembuatan Tugas Akhir ini penulis menggunakan beberapa referensi mengenai *manuver* jaringan. Beberapa referensi memiliki keterkaitan dengan perancangan yang penulis lakukan, walaupun terdapat kemiripan dan kesamaan dalam perihal tujuan, maksud, dan pengaplikasiannya. Berikut ada beberapa kutipan pokok dalam beberapa jurnal atau karya tulis lain.

*Manuver* jaringan distribusi sendiri berarti teknik manipulasi jaringan dengan membuka atau menutup peralatan *switching* pada jaringan untuk membatasi wilayah padam sesuai dengan kebutuhan. Salah satu teknik manipulasi jaringan yaitu dengan melimpahkan beban dari suatu penyulang ke penyulang lain. Pelimpahan beban ini memiliki ketentuan dan syarat-syarat yang harus dipenuhi. Pelimpahan beban karena pekerjaan maupun gangguan harus memenuhi beberapa ketentuan seperti pertimbangan beban penyulang. Pelimpahan beban dilakukan untuk membagi beban agar sebagian wilayah yang aman, tetapi tidak tersuplai listrik karena adanya gangguan maupun pekerjaan menjadi tidak padam.<sup>[5]</sup> Proses *manuver* jaringan merupakan proses pelimpahan beban dari penyulang utama (*main feeder*) ke penyulang cadangan (*backup feeder*) ketika terjadi gangguan, sehingga daerah yang tidak terganggu bisa tetap dialiri listrik dan menjaga kontinuitas pelayanan listrik ke pelanggan. *Manuver* jaringan digunakan untuk menekan angka SAIDI dan SAIFI seperti yang terjadi pada

penyulang Pandean Lamper 09 yang sering mengalami gangguan karena kelebihan beban. Untuk mengatasinya, beban dilimpahkan ke penyulang lain yaitu Tambak Lorok 01.<sup>[6]</sup> Pelimpahan beban sangat berpengaruh untuk mengurangi daerah padam akibat gangguan serta mampu menjaga kehandalan penyaluran tenaga listrik karena telah terbukti bahwa dapat menurunkan angka SAIDI SAIIFI akibat gangguan. Contoh lain yaitu pada penyulang Kalisari 06 setelah dilakukan *manuver* pelimpahan beban, angka SAIDI penyulang Kalisari 06 dalam kondisi pelimpahan beban mengalami penurunan dari 0,524 menjadi 0,096 atau mengalami peningkatan sebesar 81,6%. SAIIFI penyulang Kalisari 06 setelah pelimpahan beban mengalami penurunan dari 4,78 menjadi 0,97 atau meningkat sebesar 80,3%.<sup>[7]</sup> Gangguan yang terjadi pada jaringan listrik berbeda-beda, sebagai contoh salah satunya gangguan yang terjadi di PMT *Incoming* Trafo II yang terdapat di GI Spondol. PMT *Incoming* tersebut mengalami gagal koordinasi sehingga memutus listrik pada penyulang yang disuplai dari trafo II GI Spondol. Agar pelanggan tetap tersuplai listrik maka perlu adanya pelimpahan beban dari trafo II GI Spondol ke trafo lain atau biasa disebut paralel trafo.<sup>[8]</sup> Selain itu, *manuver* jaringan untuk pelimpahan beban karena adanya pekerjaan pemeliharaan yang harus dilakukan pada kondisi padam. Pelimpahan jaringan tersebut dapat dilakukan dengan cara membagi penyulang menjadi beberapa *section* seperti pada penyulang Spondol 1 yang dibagi menjadi 4 *section*. Pemeliharaan dilakukan di *section* antara *recloser* SRL1-41A hingga LBS SRL1-58 sehingga *section* lain dapat dilimpahkan ke penyulang lain sehingga tetap mendapatkan suplai listrik.

Pembagian *section* pada pelimpahan beban ini hanya bisa dibagi per peralatan *switching* yang sudah terintegrasi SCADA.<sup>[9]</sup>

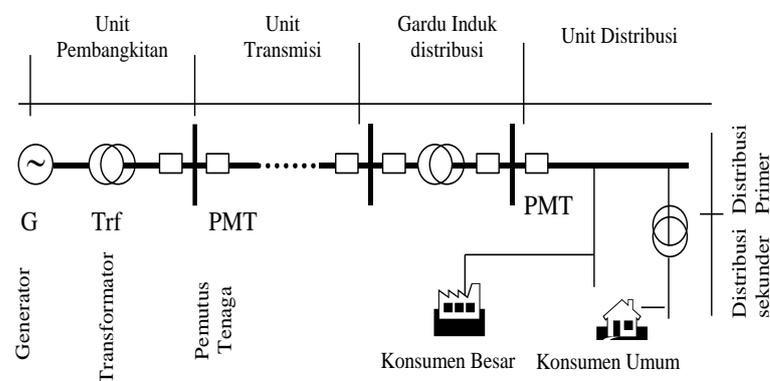
Perbedaan Tugas Akhir penulis dengan referensi tersebut yaitu pada tugas akhir ini penulis membuat alat simulasi menggunakan sistem jaringan distribusi *loop* antara 3 penyulang. Penulis akan membahas *manuver* jaringan yang disebabkan gangguan hubung singkat dan juga *manuver* yang disebabkan adanya pemeliharaan. Pada *manuver* saat terjadi gangguan, gangguan tersebut cukup besar dan berada di dekat PMT, karena gangguan tersebut menyebabkan beban penyulang melebihi arus setting pada PMT tersebut maka dilakukan *manuver* pelimpahan beban ke penyulang lain sehingga dapat mengamankan daerah yang aman. Pada *manuver* jaringan yang disebabkan karena adanya pemeliharaan, akan dibahas syarat-syarat *manuver* yaitu penyulang bantuan (*backup feeder*) masuk terlebih dahulu sehingga tidak ada padam sesaat. Penulis menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai pusat kontrol serta untuk memonitor beban dan mengontrol peralatan menggunakan aplikasi VTScada. *Monitoring* dan *controlling* beban pada penyulang menggunakan sistem SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) sehingga bisa dikontrol secara jarak jauh dan *real time*. SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) adalah suatu sistem yang dapat melakukan pengawasan, pengendalian dan akuisisi data terhadap sebuah *plant*. Seiring dengan perkembangan komputer yang pesat beberapa dekade terakhir, maka komputer menjadi komponen penting dalam sebuah sistem SCADA modern. Umumnya komputer ini terhubung dengan sebuah pengendali melalui sebuah protokol komunikasi tertentu. Selain itu mikrokontroler yang

digunakan adalah Arduino Mega 2560 dan dilengkapi Ethernet Shield agar bisa terhubung ke jaringan komputer dengan PC (Personal Computer) layar sentuh dengan menggunakan media komunikasi protokol TCP/IP (*Transfer Control Protocol / Internet Protocol*) atau LAN (*Local Area Network*).

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

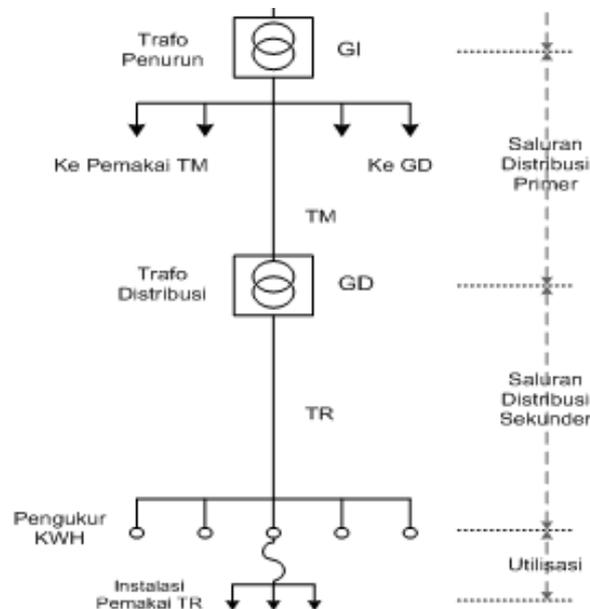
Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar sampai ke konsumen. Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan dan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi<sup>[4]</sup>. Sistem tenaga listrik terdiri dari Unit Pembangkitan, Unit Transmisi, Gardu Induk distribusi, dan Unit Distribusi. Sistem Distribusi Tenaga Listrik mengatur penyaluran tenaga listrik dari PMT *Outgoing* sampai ke konsumen seperti pada gambar 2.1 yang menunjukkan instalasi sistem tenaga listrik.



**Gambar 2.1** Instalasi Sistem Tenaga Listrik <sup>[11]</sup>

Dilihat dari tegangannya sistim distribusi pada saat ini dapat dibedakan dalam 2 macam yaitu:

- a. Distribusi Primer, sering disebut Sistem Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dengan tegangan operasi nominal 20 kV/ 11,6 kV
- b. Distribusi Sekunder, sering disebut Sistem Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dengan tegangan operasi nominal 380 / 220 volt <sup>[16]</sup>



**Gambar 2.2** Pengelompokan Sistem Jaringan Distribusi<sup>[4]</sup>

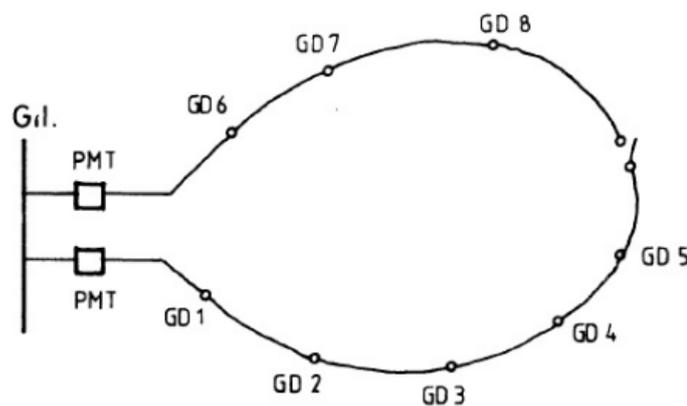
### 2.2.2 Pola Jaringan Distribusi *Loop*

Pola jaringan distribusi untuk menyalurkan tenaga listrik kepada konsumen bermacam-macam, diantaranya adalah pola sistem *radial*, *loop*, *spindle*, dan *mesh/network*. Hal ini diterapkan sesuai dengan kebutuhan dan kemampuan finansial dari pihak PLN. Tentunya pada masing-masing pola jaringan distribusi tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan. Pada Tugas Akhir

penulis menyimulasikan jaringan distribusi primer menggunakan pola jaringan *loop*. Pola jaringan distribusi *loop* adalah sistem rangkaian tertutup pada jaringan distribusi merupakan suatu sistem penyaluran melalui dua atau lebih saluran *feeder* yang saling berhubungan membentuk rangkaian berbentuk cincin.<sup>[5]</sup> Sistem ini secara ekonomis menguntungkan, karena gangguan pada jaringan terbatas hanya pada saluran yang terganggu saja. Sedangkan pada saluran lain masih dapat menyalurkan tenaga listrik dari sumber lain dalam rangkaian yang tidak terganggu. Sehingga kontinuitas pelayanan sumber tenaga listrik dapat terjamin dengan baik.<sup>[5]</sup>

Jaringan *loop* memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

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



**Gambar 2.3** Konfigurasi jaringan Distribusi *Loop*<sup>[17]</sup>

Pada gambar 2.3 jaringan *loop* terdiri dari sebuah gardu induk yang mensuplai beberapa konsumen secara melingkar kemudian kembali ke gardu

induk. Apabila gangguan terjadi pada salah satu bagian dari sistem, gangguan tersebut dapat diisolir dan dipisahkan dari sistem. Keandalan dari saluran menjadi lebih baik. Kemungkinan terjadinya gangguan dapat diminimalkan kecuali terjadi gangguan pada banyak titik secara bersamaan.

### **2.2.3 Peralatan *Switching* di Sistem Distribusi**

#### **2.2.3.1 Pemutus Tenaga**

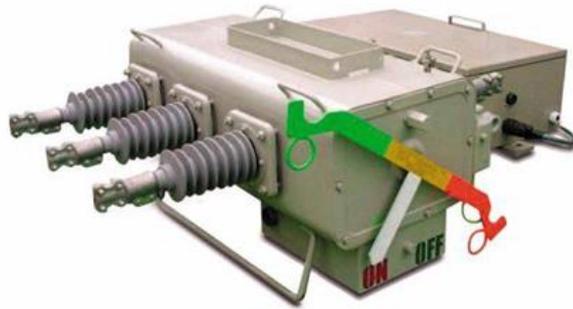
Pemutus tenaga atau PMT merupakan peralatan proteksi, pembatas, dan pemutus utama yang dipasang pada saluran utama di gardu induk yang berfungsi sebagai pengaman utama jaringan yang dilengkapi dengan *relay-relay* proteksi yang telah *disetting* sesuai dengan arus gangguan maupun waktu tertentu dan berdasarkan perhitungan koordinasi dengan alat proteksi lain seperti *recloser*. Alat ini mampu bekerja secara otomatis dalam memutus atau menutup rangkaian pada semua kondisi baik pada kondisi normal maupun waktu kondisi gangguan dan mampu dialiri arus listrik secara terus menerus. PMT mampu memutus arus beban dan mampu memutus arus lebih akibat gangguan yang terjadi. Pada kondisi normal, dapat membuka maupun menutup rangkaian listrik. Pada kondisi gangguan, dengan bantuan *relay* dapat membuka rangkaian listrik. Pada gambar 2.4 merupakan kubikel *PMT Outgoing* di GI Randugarut trafo 2.



**Gambar 2.4** Kubikel *PMT Outgoing*

### **2.2.3.2 Load Break Switch**

*Load Break Switch (LBS)* merupakan 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 dapat 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. Peralatan ini juga dapat dioperasikan dengan kontrol jarak jauh melalui SCADA yang dioperasikan oleh *Dispatcher*. Gambar fisik LBS ditunjukkan pada gambar 2.8.



**Gambar 2.5** *Load Break Switch* Schneider <sup>{18}</sup>

### **2.2.3.3 Recloser**

*Recloser* merupakan peralatan proteksi, pembatas, maupun pemutus beban yang sering digunakan pada sistem distribusi tenaga listrik yang ditempatkan di jaringan dan bekerja secara otomatis dalam memutus beban yang dilengkapi dengan *relay-relay* proteksi secara OCR (*Over Current Relay*) dan GFR (*Ground Fault Relay*) yang telah *disetting* sesuai dengan kondisi di lapangan. Peralatan ini bekerja berdasarkan arus gangguan yang terjadi. Gambar fisik *Recloser* ditunjukkan pada gambar 2.6 *Recloser* berfungsi sebagai :

- 1) Peralatan untuk memperkecil atau mempersempit daerah padam akibat gangguan.
- 2) Mendeteksi gangguan pada daerah tertentu berdasarkan arus gangguan.
- 3) Sebagai pengaman untuk jaringan yang berada sebelum *recloser*.

Ada pun tujuan dari pemasangan *Recloser*, yaitu :

- 1) Mencegah meluasnya kerusakan peralatan.
- 2) Agar kontinuitas sistem tenaga listrik tetap terjaga.



**Gambar 2.6** *Recloser* Schneider <sup>[19]</sup>

#### **2.2.4 Gangguan pada Jaringan Distribusi**

Penyebab terjadinya gangguan pada jaringan distribusi dapat berasal dari dalam maupun luar sistem jaringan. Gangguan yang berasal dari dalam terutama disebabkan oleh perubahan sifat ketahanan yang ada, misalnya isolator yang retak atau aus karena faktor umur, sedangkan gangguan dari luar biasanya berupa gejala alam antara lain petir, burung, pohon, hujan dan sebagainya. Gangguan pada jaringan distribusi yaitu:

##### **2.2.4.1 Gangguan Hubung Singkat**

Pada prinsipnya setiap gangguan hubung singkat adalah gangguan yang terjadi akibat adanya hubungan langsung antar fasa (fasa R-S, fasa R-T, fasa S-T, fasa R-S-T) atau juga bisa terjadi akibat adanya hubungan fasa-tanah yang ada pada jaringan, gardu induk, maupun pusat pembangkit. Besarnya arus hubung singkat dan sudut fasanya tergantung pada jenis gangguan, besarnya sistem pembangkitan, impedansi sumber sampai dengan titik gangguan serta impedansi gangguan itu sendiri.

Penyebab terjadinya gangguan pada jaringan distribusi dapat berasal dari dalam maupun luar sistem jaringan. Gangguan yang berasal dari dalam terutama disebabkan oleh perubahan sifat ketahanan yang ada, misalnya isolator yang retak atau aus karena faktor umur, sedangkan gangguan dari luar biasanya berupa gejala alam antara lain petir, burung, pohon, hujan dan sebagainya.

#### **2.2.4.2 Gangguan Beban Lebih**

Gangguan ini sebenarnya bukan gangguan murni, tetapi bila dibiarkan terus-menerus berlangsung dapat merusak peralatan listrik yang dialiri oleh arus tersebut. Hal ini disebabkan karena arus yang mengalir melebihi dari kemampuan hantar arus dari peralatan listrik yang merupakan pengamanan listrik.

#### **2.2.5 Manuver Pelimpahan Beban Jaringan Distribusi Tegangan Menengah**

*Manuver* jaringan atau manipulasi jaringan merupakan serangkaian kegiatan pelimpahan tenaga listrik dengan membuat modifikasi terhadap operasi normal dari jaringan akibat adanya gangguan atau pekerjaan pemeliharaan jaringan akibat adanya gangguan atau adanya pekerjaan jaringan sedemikian rupa sehingga tetap tercapai kondisi penyaluran yang maksimum atau dengan kata lain yang lebih sederhana adalah mengurangi daerah pemadaman.<sup>[5]</sup>

*Manuver* jaringan adalah pekerjaan pengalihan/pelimpahan beban baik sebagian maupun seluruh penyulang ke penyulang lain yang bersifat sementara.

### 2.2.5.1 Tujuan Pekerjaan Pelimpahan Beban

Tujuan dilakukannya pelimpahan beban yaitu:

- Mempercepat penormalan jaringan.
- Pengaturan distribusi beban jaringan.
- Pertimbangan keandalan jaringan.
- 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* APD
- 2) *Dispatcher* Area
- 3) *Dispatcher* Unit / Rayon
- 4) Pengawas Lapangan
- 5) Petugas pelaksana / Petugas gangguan

### 2.2.5.2 Kegiatan yang dilakukan saat pelimpahan beban

1. Menghubungkan bagian-bagian jaringan yang terpisah menurut keadaan operasi normalnya, baik dalam keadaan bertegangan maupun tidak.
2. Memisahkan jaringan menjadi bagian-bagian jaringan yang semula terhubung menurut keadaan operasi normalnya, baik dalam keadaan bertegangan maupun tidak. Jadi *manuver* jaringan ini dapat dikatakan sebagai pekerjaan membuka (melepas) dan memasukan (memasukan) peralatan peralatan switching /

penghubung yang ada pada jaringan dan penyulang seperti : *ABSW*, *FCO*, *LBS*, *Recloser* dan *PMT* sehingga dapat dilakukan pelimpahan beban.<sup>[7]</sup>

### 2.2.5.3 Syarat Pelimpahan beban Penyulang Jaringan Distribusi

Syarat – syarat yang harus dipenuhi dalam melakukan *manuver* untuk pelimpahan beban yaitu:

1. Tegangan antara kedua penyulang yang akan diparalelkan dalam keadaan sama ataupun maksimal beda tegangan 0,5 KV.
2. Frekuensi antara kedua penyulang yang akan di *manuver* dalam keadaan sama.
3. Jaringan harus dalam satu subsistem yang sama, apabila berbeda subsistem akan terjadi pemadaman sesaat.
4. Penyulang yang menerima pelimpahan beban harus mampu menerima beban yang akan dilimpahkan.
5. Urutan ketiga fasa antara kedua penyulang yang akan dimanuver harus sama.
6. Penampang konduktor kedua penyulang harus sama ukurannya.
7. Peralatan *manuver* / *switching* harus dalam keadaan baik untuk beroperasi.<sup>[5]</sup>

Adapun beberapa syarat yang harus dipenuhi agar dua buah penyulang akan melakukan *join*, yaitu ketika akan dilakukan pemeliharaan yaitu:

- 1) Tegangan dan frekuensi antara kedua penyulang sama dan untuk maksimal beda tegangan ialah 0,5 kV.
- 2) Penyulang yang menerima pelimpahan beban harus mampu menerima beban yang akan dilimpahkan.
- 3) Urutan ketiga fasa antara kedua penyulang yang akan *dimanuver* harus sama.

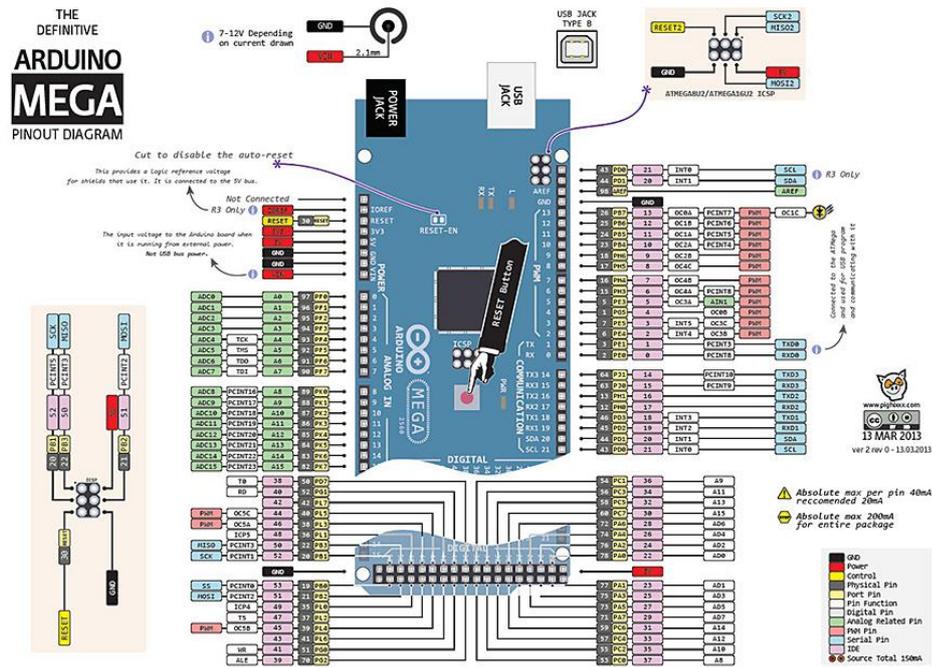
Apabila antara dua penyulang memenuhi syarat tersebut maka tidak diperlukan pemadaman sesaat sehingga dapat langsung *join*. Sedangkan jika belum memenuhi syarat tersebut maka disamakan dahulu sehingga akan ada pemadaman sesaat untuk proses pelimpahan beban.<sup>[12]</sup>

### 2.2.6 Mikrokontroler Arduino Mega 2560

*Arduino* adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah *chip* mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan ATmel.

Mikrokontroler itu sendiri adalah *chip* atau *Integrated Circuit (IC)* yang bisa diprogram menggunakan komputer. Tujuan ditanamkannya program pada mikrokontroler adalah supaya rangkaian elektronik dapat membaca *input*, kemudian memproses *input* tersebut sehingga menghasilkan *output* yang sesuai dengan keinginan. Jadi mikrokontroler berfungsi sebagai otak yang mengatur *input*, proses, dan *output* sebuah rangkaian elektronik.<sup>[12]</sup>

*Arduino Mega 2560* adalah papan mikrokontroler berbasis *Atmega 2560* yang memiliki 54 pin digital *input/output*, keterangan 15 pin diantaranya digunakan sebagai *output* PWM, 16 pin sebagai *input* analog, 4 pin sebagai UART (port *serial hardware*), sebuah osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, *jack* power, header ISCP, dan tombol *reset*.<sup>[12]</sup>



Gambar 2.7 Pinout Diagram Arduino Mega 2560<sup>[12]</sup>

Papan 2560 Mega dapat diprogram dengan Arduino Software (*IDE*). ATmega2560 pada Mega 2560 sudah diprogram dengan bootloader yang memungkinkan untuk mengunggah kode baru ke dalamnya tanpa menggunakan programmer perangkat keras eksternal.

Tabel 2.1 Spesifikasi dari *Arduino Mega 2560* <sup>[12]</sup>

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	40 mA

### a. Catu Daya Arduino

Arduino Mega dapat diaktifkan melalui konektor USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Sumber daya eksternal (*non-USB*) dapat berasal dari adaptor AC/DC atau baterai. Jika menggunakan adaptor maka pemasangannya dengan menyambungkan steker 2,1 mm yang bagian tengahnya terminal positif ke *power jack* pada papan. Sedangkan jika menggunakan baterai maka sambungkan ujung positif dan negatif baterai ke pin Vin dan Gnd pada papan *Arduino*.

Papan Arduino ATmega2560 dapat bekerja dengan rentang daya eksternal dari 6 Volt sampai 20 Volt. Jika tegangan kurang dari 7 Volt, maka pin 5 Volt mungkin akan menghasilkan tegangan kurang dari 5 Volt dan ini akan membuat papan menjadi tidak stabil. Jika sumber tegangan menggunakan lebih dari 12 Volt, penstabil tegangan (*voltage regulator*) akan mengalami panas berlebihan dan bisa merusak papan. Rentang sumber tegangan yang dianjurkan adalah 7 Volt sampai 12 Volt.

Pin tegangan yang tersedia pada papan Arduino adalah sebagai berikut:

- 1) **VIN**, *Input* tegangan untuk papan Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal.
- 2) **5V**, sebuah pin yang mengeluarkan tegangan ter-regulator 5 Volt, dari pin ini tegangan sudah diatur dari regulator yang tersedia (*built-in*) pada papan.
- 3) **3V3**, sebuah pin yang menghasilkan tegangan 3,3 Volt. Tegangan ini dihasilkan oleh regulator yang terdapat pada papan (*on-board*). Arus maksimum yang dihasilkan adalah 50 mA.

4) **GND**, pin Ground.

#### **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. Selain itu tegangan yang masuk ke *input* mikrokontroler harus berada di dalam kisaran nilai tertentu. Pada umumnya tegangan minimum adalah 0 Volt atau mendekati 0 Volt dan nilai ini diterima sebagai level logika rendah. Tegangan tertinggi biasanya sama dengan catu daya yaitu 5-7 Volt untuk tegangan yang direkomendasikan dan nilai tersebut diterima sebagai level tegangan tinggi.<sup>[13]</sup> 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()*. Selain pin tersebut, 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*. Biasanya digunakan untuk membuat tombol *reset* tersendiri yang akan menghentikan fungsi tombol *reset* pada papan.

#### **d. Komunikasi**

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

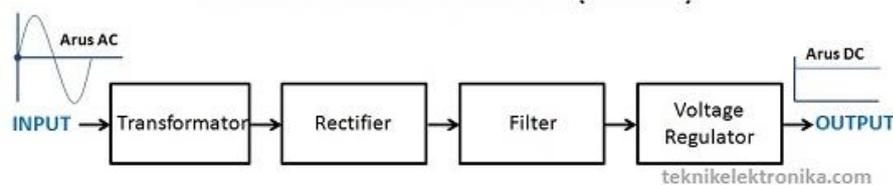
*Arduino Mega 2560* dapat diprogram menggunakan aplikasi IDE (*Integrated Development Environment*) yang merupakan *software open source* dari *Arduino*. *Software* ini berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner, dan meng-*upload* ke dalam memori mikrokontroler.

#### **2.2.7 Catu Daya (Power Supply)**

Catu Daya sering disebut dengan *Power Supply* merupakan perangkat yang digunakan sebagai penyedia tegangan atau sumber daya untuk perangkat lain. Dalam hal ini perangkat lain tersebut merupakan komponen-komponen elektronika yang membutuhkan arus DC dengan tegangan rendah untuk pengoperasiannya. Pada intinya semua rangkaian catu daya memiliki fungsi yang

sama yaitu mengubah arus AC menjadi arus DC. Sehingga catu daya merupakan salah satu rangkaian terpenting dalam pembuatan suatu alat kerja elektronika.

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



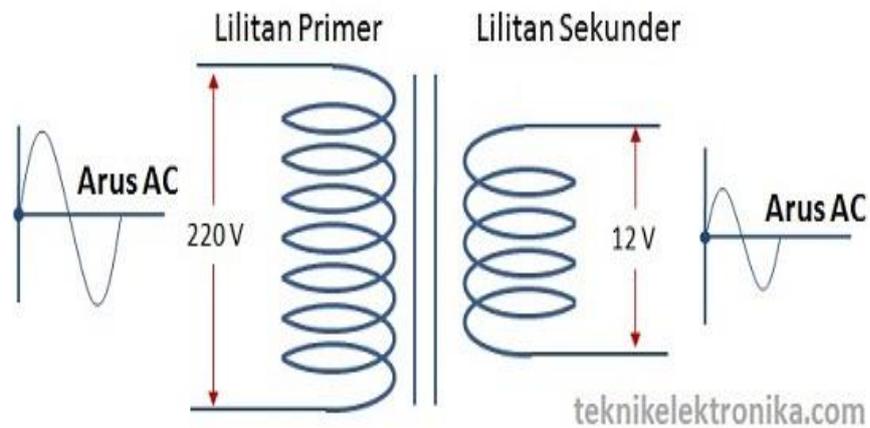
**Gambar 2.8** Blok Diagram Catu Daya <sup>[11]</sup>

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

#### 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. 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*). 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 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

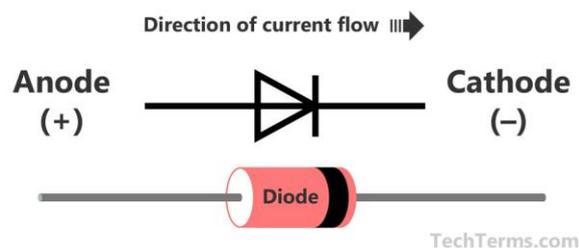
selanjutnya. Jadi dalam transformator, tegangan AC dari PLN yaitu 220 V AC diturunkan menjadi 12 V AC. Pada **Gambar 2.9** dijelaskan rangkaian transformator *step down*.



**Gambar 2.9** Rangkaian Transformator *Step Down*<sup>[11]</sup>

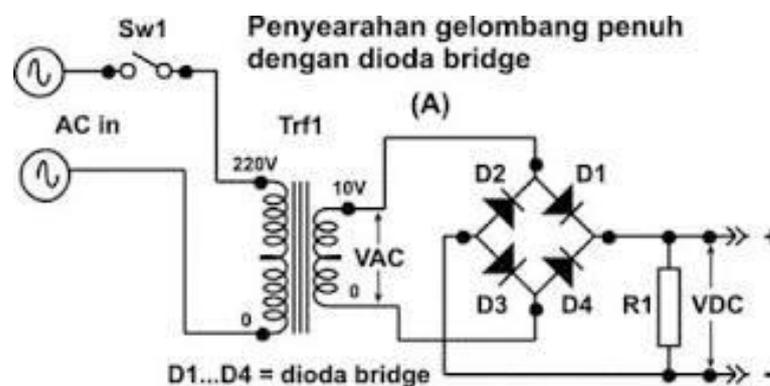
## 2. Rectifier

*Rectifier* atau penyearah merupakan suatu rangkaian dalam catu daya yang berfungsi menyearahkan tegangan AC dari transformator *step down* menjadi tegangan DC. Komponen pada rangkaian penyearah adalah dioda. Dioda merupakan komponen pertemuan (*junction*) antara semikonduktor tipe *p* dan tipe *n*. Gambar 2.10 merupakan struktur dari dioda.



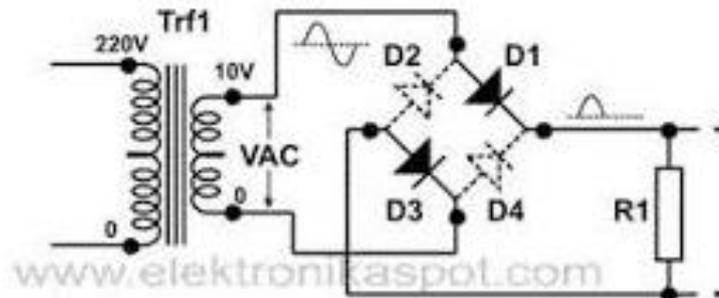
**Gambar 2.10** Struktur Dioda<sup>[11]</sup>

Dioda semikonduktor hanya dapat melewati arus pada satu arah saja, ketika dioda memperoleh arus 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. Penyearah yang digunakan terdiri dari dioda *bridge*, yaitu empat buah dioda yang dirangkai membentuk sebuah jembatan. Dioda *bridge* digunakan sebagai penyearah arus bolak-balik satu gelombang penuh, sehingga dihasilkan tegangan searah dengan lebih sedikit *noise*.



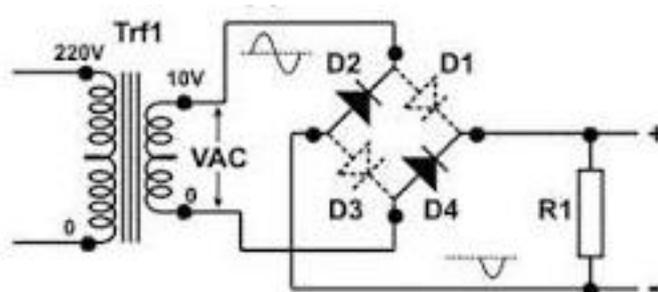
**Gambar 2.11** Penyearah Gelombang (*Rectifier*)<sup>[11]</sup>

Prinsip kerja penyearah jembatan yakni selama setengah siklus positif tegangan sekunder trafo, dioda D1 dan D3 akan *dibias forward* sedangkan dioda D2 dan D4 *bias reverse*. Proses ini ditunjukkan dalam gambar 2.12.



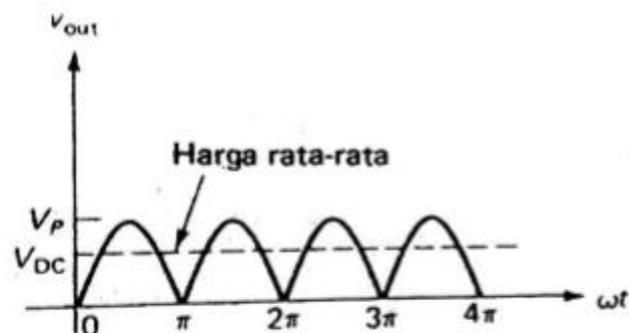
**Gambar 2.12** Penyearah Jembatan Setengah Siklus Positif<sup>[12]</sup>

Kemudian selama setengah siklus negatif, dioda D4 dan D2 akan dibias *forward*. Proses ini ditunjukkan dalam gambar 2.13.



**Gambar 2.13** Penyearah Jembatan Setengah Siklus Negatif<sup>[12]</sup>

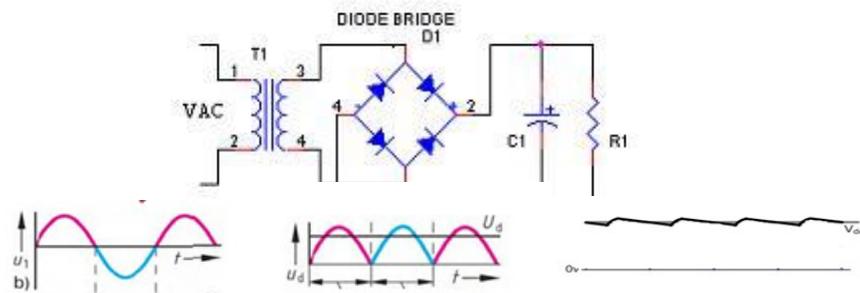
Dapat terlihat bahwa kedua siklus ini mempunyai arah arus yang sama, sehingga tegangan beban adalah sinyal gelombang penuh seperti ditunjukkan pada gambar 2.14.



**Gambar 2.14** Sinyal Gelombang Penuh<sup>[12]</sup>

### 3. Filter

*Filter* atau penyaring pada rangkaian catu daya berupa komponen kapasitor, yang merupakan komponen elektronika yang dapat menyimpan muatan listrik. Kapasitor 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 sangat kecil mendekati *DC* murni.



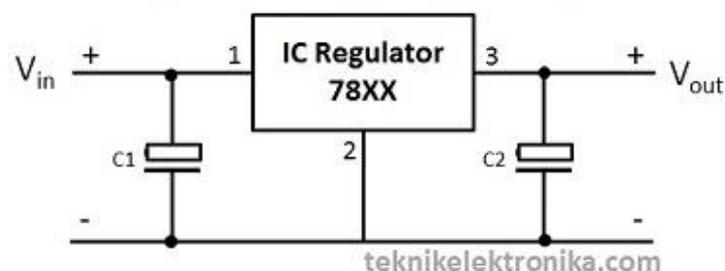
**Gambar 2.15** Rangkaian *Filter* Kapasitor<sup>[11]</sup>

### 4. Voltage Regulator

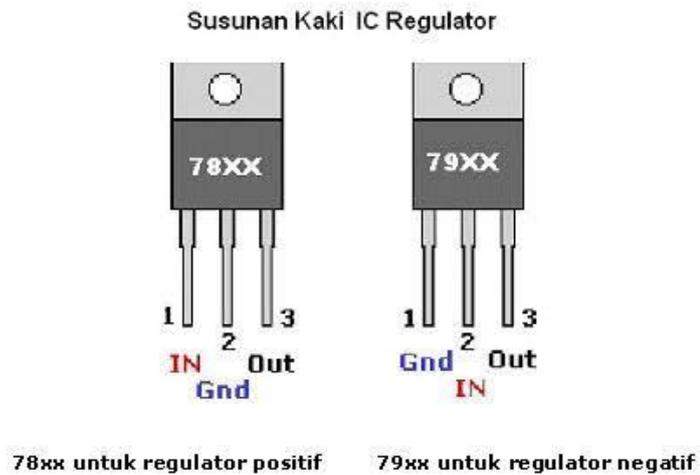
Regulator Tegangan diperlukan untuk menstabilkan tegangan yang sudah disearahkan. Ketidakstabilan suatu sumber daya bisa disebabkan oleh perubahan jaringan AC dari PLN atau dipengaruhi perubahan beban. Regulator tegangan ini mampu mengatasi kedua jenis perubahan tersebut. Biasanya rangkaian regulator tegangan sudah dikemas dalam bentuk rangkaian yang terintegrasi (*IC*). *IC regulator* tegangan tetap memiliki seri 78XX untuk tegangan positif dan seri 79XX untuk tegangan negatif. Besar tegangan *output* *IC* seri 78XX dan 79XX ini dinyatakan pada dua angka terakhir serinya. Contoh *IC* 7812 adalah regulator

tegangan positif dengan tegangan *output* 12 V, sedangkan IC 7912 adalah regulator tegangan negatif dengan tegangan *output* -12 V. 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.

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 tegangan referensi zener tersebut. Misalnya dioda zener memiliki referensi tegangan 5 Volt, maka ketika dilewati sebuah tegangan 6,5 Volt, tegangan *output* dioda akan dikomparasikan sehingga tetap pada batas 5 Volt. Namun ketika tegangan yang melewati dioda zener sudah melewati batas toleransi yang diizinkan dari referensi, maka dioda zener sudah tidak mampu lagi menahan tegangan spesifikasi 5 Volt tersebut. Akibatnya, kondisi dioda zener akan mengalami kerusakan.



**Gambar 2.16a** Penstabil Tegangan<sup>[11]</sup>



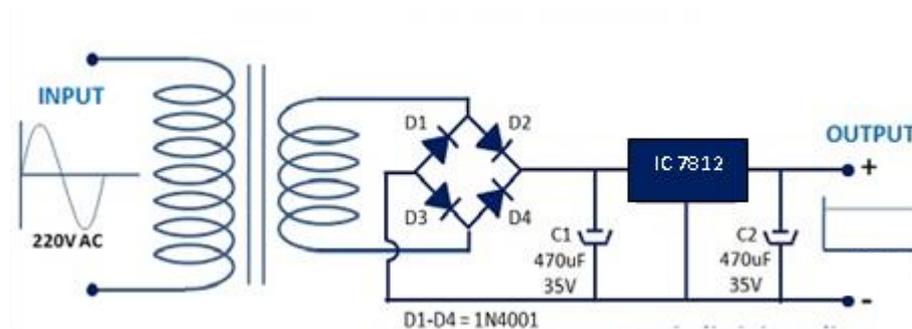
**Gambar 2.16b** IC Regulator 2805 Dan 7905<sup>[11]</sup>

Tabel 2.2 berikut ini menunjukkan beberapa tipe regulator beserta batasan tegangannya.

**Tabel 2.2** Tegangan *Input* IC LM7805 dan IC LM7812

Tipe Regulator	Vin min	Vin maks	Vout
7805	8 V	20 V	5 V
7812	15,5 V	27 V	12 V

Batasan nilai tegangan masukan IC regulator yang terdapat dalam tabel adalah nilai DC, bukan tegangan sekunder dari trafo. Berdasarkan tabel 2.2 diatas, diambil kesimpulan bahwa nilai tegangan *output* akan tetap konstan meskipun tegangan *input* bervariasi, namun dalam *range* tertentu. Rangkaian catu daya menggunakan IC 7812 ditunjukkan dalam gambar 2.17 berikut.

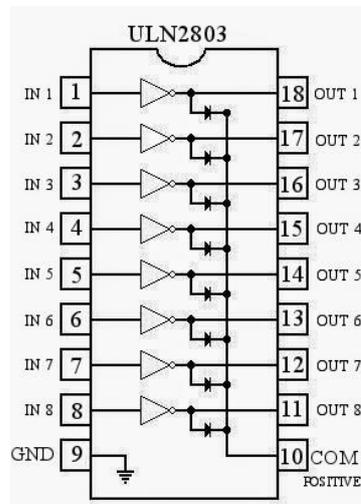


**Gambar 2.17** Voltage Regulator dalam Catu Daya<sup>[11]</sup>

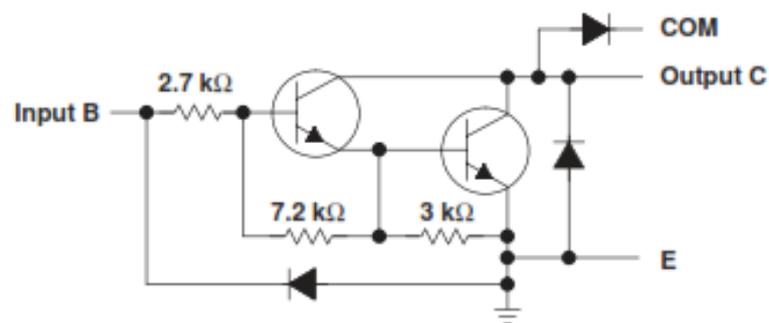
### 2.2.8 Driver Relay IC ULN2803

Rangkaian *driver relay* berfungsi untuk menggerakkan *relay*, tegangan output dari mikrokontroler hanya 5 V kurang mencukupi untuk menggerakkan *relay* 12 V sehingga perlu penguat yang berupa *driver relay*. ULN2803 adalah komponen elektronik berupa IC (*Integrated Circuit*) yang terdiri dari 8 pasang transistor darlington. Kapasitas arus kolektor setiap transistor Darlington 500 mA tegangan *output* maksimal 50 V. Transistor Darlington dapat diparalel untuk penggunaan arus yang lebih tinggi.

Secara fisik ULN2803 adalah konfigurasi IC 18-pin dan berisi delapan transistor NPN. Pin 1-8 menerima sinyal tingkat rendah, pin 9 sebagai grounding (untuk referensi tingkat sinyal rendah). Pin 10 adalah COM pada sisi yang lebih tinggi dan umumnya akan dihubungkan ke tegangan positif. Pin 11-18 adalah *output* (Pin 1 untuk Pin 18, Pin 2 untuk 17, dst).

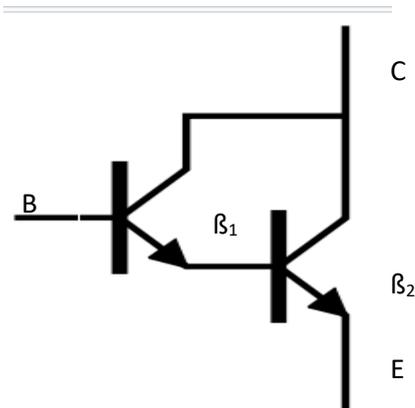


**Gambar 2.18** Logic Diagram ULN2803<sup>[20]</sup>



**Gambar 2.19** Skematik Transistor Darlington ULN 2803<sup>[20]</sup>

Prinsip kerja transistor Darlington sebagai saklar sama seperti transistor tunggal yang berfungsi sebagai saklar yaitu ketika transistor dalam kondisi saturasi dimana terdapat arus yang mengalir ke pin basis transistor sehingga memicu transistor dapat menghantarkan arus kolektor. Keuntungan transistor *Darlington* yakni memiliki penguatan (*gain*) yang tinggi karena hasil penguatan transistor yang pertama akan dikuatkan lebih lanjut oleh transistor yang kedua.



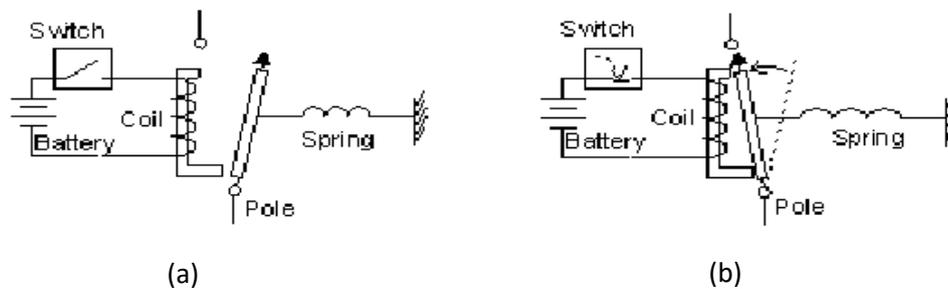
**Gambar 2.20** Transistor Darlington<sup>[20]</sup>

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*.

### 2.2.9 Relay

*Relay* adalah saklar yang dikendalikan oleh arus. *Relay* memiliki sebuah kumparan tegangan rendah yang dililitkan pada inti. *Relay* berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran listrik yang dikontrol dengan memberikan tegangan dan arus tertentu pada koilnya. Dalam sebuah *relay*, terdapat sebuah armatur besi yang apabila terdapat arus nominal yang mengalir,

akan menarik pegas sehingga berpindah posisi dari *Normally Close* ke *Normally Open*, atau sebaliknya.<sup>[14]</sup>



**Gambar 2.21** Posisi Kontak *Relay*<sup>[12]</sup>

(a) Posisi Kontak *Open* saat *Relay* Tidak Bekerja

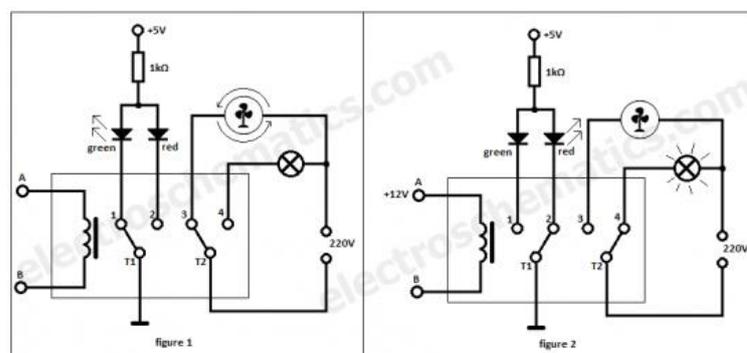
(b) Posisi Kontak *Close* saat *Relay* Bekerja

Cara kerja *relay* yaitu ketika kumparan dialiri arus listrik maka akan timbul gaya elektromagnet yang akan menarik *armature* berpegas, dan kontak akan menutup. 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. *Relay* juga dapat disebut komponen elektronika berupa saklar elektronik yang digerakkan oleh arus listrik. Secara prinsip, *relay* merupakan tuas saklar dengan lilitan kawat pada batang besi (*solenoid*) di dekatnya. Ketika *solenoid* dialiri arus listrik, tuas akan tertarik karena adanya gaya magnet yang terjadi pada solenoid sehingga kontak saklar akan menutup.<sup>[14]</sup> Pada saat arus dihentikan, gaya magnet akan hilang dan tuas akan kembali ke posisi semula sehingga kontak saklar

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

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

Dalam alat yang dibuat *relay* yang digunakan merupakan jenis *relay double pole double throw (DPDT)* 12 V DC. Dalam hal ini berarti, *relay* memiliki dua koil 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.

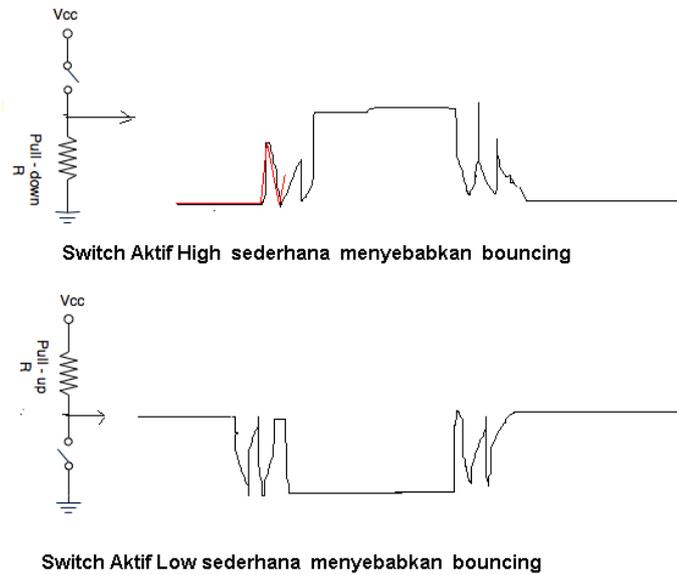


**Gambar 2.22** *Relay DPDT Menggerakkan 2 Beban*<sup>[12]</sup>

### 2.2.10 Rangkaian *Push Button Debouncer*

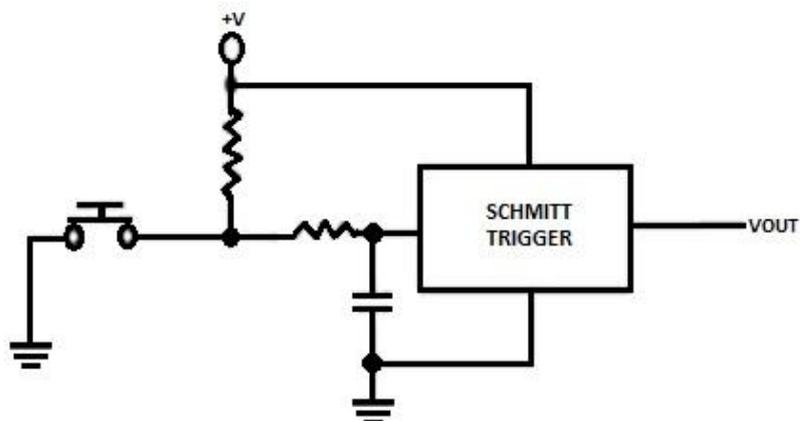
Rangkaian *debouncer* adalah saklar penghubung antara *push button* dan mikrokontroler yang berperan sebagai *gate* untuk menghubungkan sinyal yang diberikan oleh *push button* kepada mikrokontroler melalui rangkaian *smitch*

*trigger*. *Switch* yang sederhana seringkali menimbulkan *bouncing* seperti tampak pada **Gambar 2.23**.



**Gambar 2.23** *Bouncing* Pada Rangkaian<sup>[12]</sup>

Untuk menghilangkan sinyal *bouncing* dari sebuah *switch* dapat dilakukan dengan menambahkan rangkaian *debouncer* yang berfungsi untuk meminimalisir kesalahan pembacaan sinyal *push button* oleh mikrokontroler. Rangkaian *debouncer* yang digunakan dengan menggunakan IC 7414LS.



**Gambar 2.24** Rangkaian *Debouncer*<sup>[24]</sup>

Di dalam IC 7414LS ini dilengkapi dengan *schmitt-trigger* yang dapat

dengan mudah mengubah sinyal input secara perlahan-lahan menstabilkan *output* sinyal agar tidak naik turun dan menjadi sinyal yang jelas. Pemicu Schmitt (*Schmitt trigger*) adalah piranti yang mengubah sinyal masukan bentuk gelombang sembarang menjadi gelombang kotak pada keluarannya. Gelombang kotak sangat dibutuhkan dalam sistem digital karena mempunyai waktu bangkit yang cepat (sisi naik dan turunnya sangat tajam). Selain itu piranti ini juga dapat menghilangkan *noise* yang mengganggu kerja suatu sistem digital. Pemicu *Schmitt* ini telah tersedia dalam gerbang logika IC 7414LS, sehingga memudahkan kita dalam perancangan sistem.

Prinsip kerja tegangan ambang atas pada *triggerred Schmitt*  $V_{t+}$  sebesar 1,6 Volt sedangkan tegangan ambang bawahnya sebesar 0,8 Volt. Saat tegangan masukannya mencapai tegangan ambang atas maka keluarannya akan berlogika 0, sedangkan saat tegangan masukannya kurang dari tegangan ambang bawahnya maka keluaran yang dihasilkan berlogika 1 (tinggi). Penggunaan resistor pembatas arus agar tidak melebihi inputan sumber.

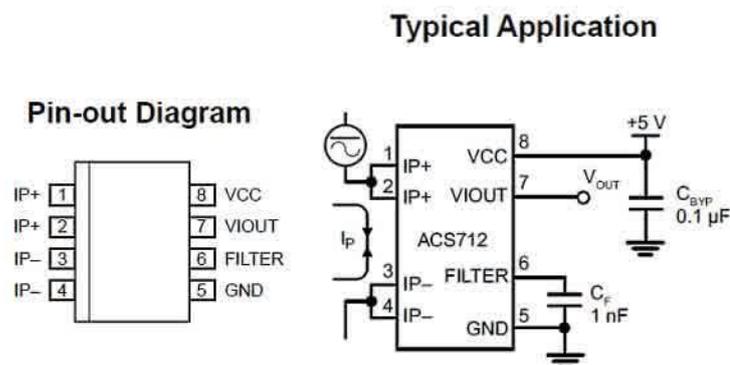
### **2.2.11 Sensor Arus ACS712**

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 5A, 20A, dan 30A dengan  $V_{cc}$  5V. Beberapa fitur dari sensor arus ACS712 adalah :

1. Waktu kenaikan perubahan luaran adalah 5  $\mu$ s.
2. Lebar frekuensi sampai dengan 80 kHz.

3. Total *error* pada *output* sebesar 1,5% pada suhu  $T_A=25^{\circ}\text{C}$ .
4. Memiliki sensitivitas 185 mV/A.
5. Tegangan kerja 5 V DC.
6. Tegangan *output* proporsional untuk arus DC maupun AC.
7. Jalur sinyal analog yang rendah *noise*.

Pada gambar 2.25 di bawah menunjukkan diagram dari sensor arus ACS712.



**Gambar 2.25** Konfigurasi pin ACS712<sup>[21]</sup>

**Tabel 2.3** Keterangan Konfigurasi ACS712

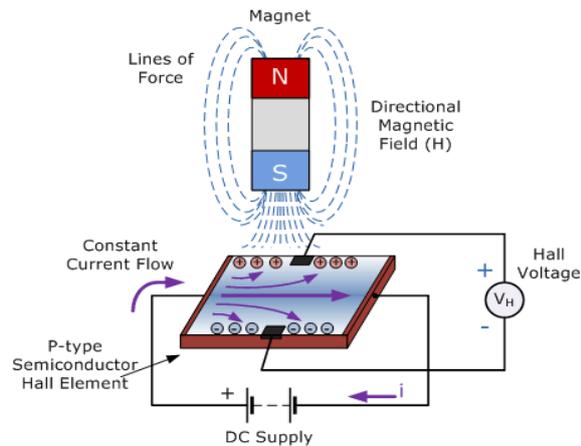
Number	Name	Description
1 and 2	IP+	Terminal for current being sampled, fused internally
3 dan 4	IP-	Terminal for current being sampled, fused internally
5	GND	Signal ground terminal
6	FILTER	Terminal for external capacitor that sets bandwidth
7	Vout	Analog Output Signal
8	Vcc	Device Power Supply terminal

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. Ini berarti bahwa 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.

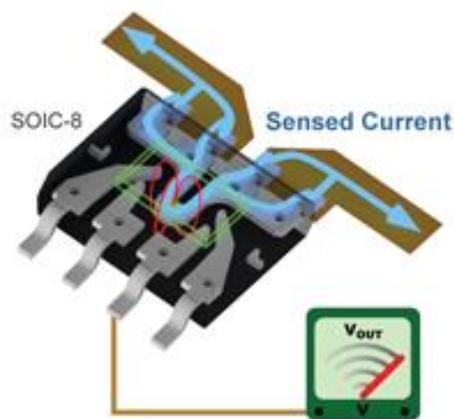
Pada ACS712, pendeteksian arus dimulai dengan fenomena yang dinamakan Hukum *Faraday* tentang induksi. Hukum ini menjelaskan bagaimana arus listrik yang mengalir melalui konduktor akan menimbulkan medan elektromagnetik dan bagaimana perubahan pada medan magnetik dapat membuat atau menginduksi arus ke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

Tahap selanjutnya adalah efek *Hall*. Efek *Hall* adalah peristiwa membeloknya arus listrik di dalam pelat konduktor karena adanya pengaruh medan magnet. Ketika arus listrik ( $I$ ) mengalir pada sebuah bahan logam dan logam tersebut memiliki medan magnet ( $B$ ) yang tegak lurus dengan arus, maka pembawa muatan (*charge carrier*) yang bergerak pada logam akan mengalami pembelokan oleh medan magnet tersebut. Akibat dari proses itu akan terjadi penumpukan muatan pada sisi-sisi logam setelah beberapa saat. Penumpukan atau pengumpulan muatan dapat menyebabkan sisi logam menjadi lebih elektropositif ataupun elektronegatif tergantung pada pembawa muatannya. Perbedaan muatan di kedua sisi logam ini menimbulkan perbedaan potensial yang disebut sebagai Potensial *Hall*.



**Gambar 2.26** Prinsip Kerja Efek Hall<sup>[12]</sup>

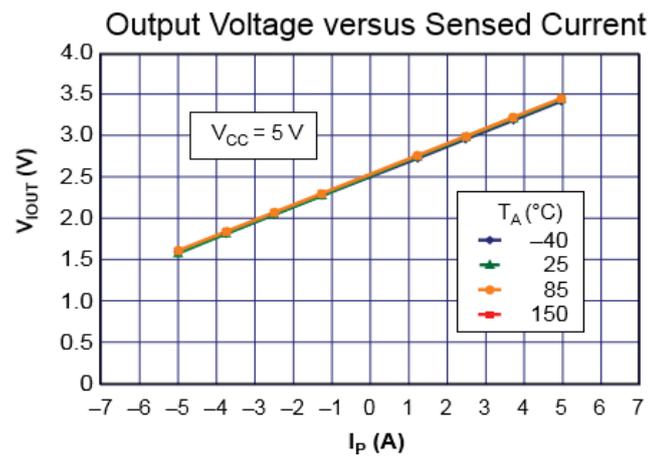
Pada ACS712 pin yang dialiri arus akan terhubung ke keping tembaga yang terhubung secara internal, sehingga arus akan banyak mengalir pada bagian ini. ACS712 memiliki sensor efek Hall yang diletakkan di sebelah keping tembaga, sehingga jika arus mengalir melalui keping tembaga dan menghasilkan medan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



**Gambar 2.27** Prinsip Kerja Sensor Arus ACS 712<sup>[21]</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

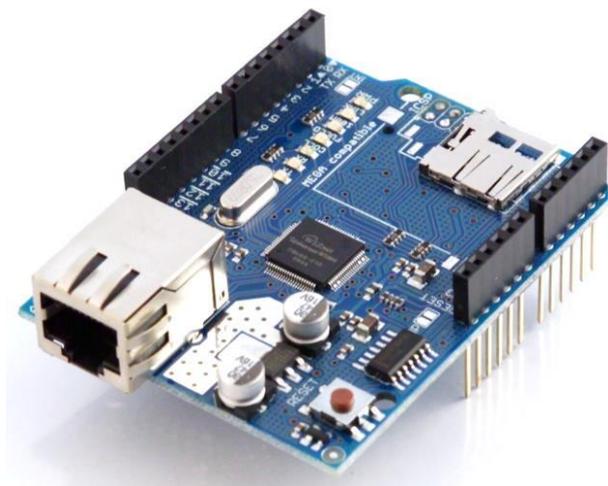
ketika arus mengalir dari IP- ke IP+ maka keluaran akan <2,5 V. Gambar 2.32 menunjukkan hubungan antara tegangan *output* dengan arus yang dideteksi sensor.



**Gambar 2.28** Hubungan Tegangan *Output* dengan Arus<sup>[21]</sup>

### 2.2.12 Ethernet Shield

*Ethernet Shield* menambah kemampuan arduino board agar terhubung ke jaringan komputer. Perangkat *Ethernet Shield* ditunjukkan pada gambar 2.29.



**Gambar 2.29** *Ethernet Shield*<sup>[23]</sup>

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

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

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 mendeselect-nya. Untuk melakukan hal ini pada *SD card*, set pin 4 sebagai output dan menuliskan logika tinggi padanya, sedangkan untuk *W5100* yang digunakan adalah pin 10.

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*.

### 2.2.13 VTScada 11.2

VTScada merupakan *software* SCADA yang diproduksi oleh *Trihedral Engineering* 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.

Untuk menginstal *software* VTScada diperlukan hardware PC (*Personal Computer*) yang memiliki spesifikasi berikut<sup>[15]</sup> :

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

- 32 atau 64-bit sistem operasi *Windows*
- 2 Ghz prosesor *dual-core*

- Membutuhkan penyimpanan *file* 20 GB
- Memiliki RAM 8 GB atau lebih

Sedangkan untuk laptop, tablet PC, dan panel PC bukan sebagai server dari *workstation*<sup>[15]</sup> :

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

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

- VTScada *Application Manager*

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



**Gambar 2.30** Tampilan *VTScada Application Manager*<sup>[22]</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*).