

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tugas Akhir mengenai alat simulasi *Load Break Switch (LBS) Three Way* sebelumnya belum pernah penulis temukan. Kebanyakan tugas akhir maupun jurnal yang ada yaitu mengenai *Automatic Transfer Switch (ATS)* yang prinsip kerjanya digunakan pada *LBS Three Way*.

Rancang Bangun *Automatic Transfer Switch (ATS) / Automatic Main Failure (AMF)* sebagai Pengalih Catu Daya Otomatis Berbass *Programmable Logic Control*^[3] membahas tentang rancang bangun alat yang digunakan untuk memindahkan catu daya utama menuju catu daya cadangan secara otomatis dan cepat pada saat catu daya utama mengalami gangguan dengan menggunakan *PLC* sebagai pengendali alat. Rancang Bangun *Automatic Transfer Switch (ATS)* pada Jaringan PLN dan Sel Surya^[4] membahas tentang pemindahan suplai dari PLN ke sel surya pada saat terjadi gangguan pada jaringan PLN secara otomatis dengan menggunakan kontaktor sebagai *interlock ATS*. Rancang Bangun Sistem Kontrol Peralihan Beban pada Dua Generator *Set* secara Automatis^[5] membahas tentang pemindahan suplai listrik dari generator utama ke generator cadangan dengan menggunakan *ATS*. Kontaktor magnet ketika mendapat instruksi dari saklar waktu *AC* akan bekerja ketika *setting* waktu telah mencapai waktu kerjanya (5 menit) untuk melakukan penyaluran daya dari genset 1 ke *user* melalui kontaktor magnet 1, begitu juga pada genset 2. Rancang Bangun dan *Implementasi Automatic*

Transfer Switch (ATS) Menggunakan Arduino Uno dan Relai^[6] membahas tentang pemindahan catu daya yang digunakan untuk menggantikan sumber utama PLN dengan menggunakan *ATS* berbasis mikrokontroler yang bekerja berdasarkan pembacaan arus dan tegangan. Sistem ini juga dilengkapi dengan komunikasi berbasis *LAN* untuk mengirim data *monitoring*. *Jurnal Automatic Transfer Switch (Suatu Tinjauan)*^[7] membahas mengenai kendali sakelar otomatis yang bisa di kendalikan sesuai program yang diinginkan. *ATS* berguna untuk menghidupkan, dan menghubungkan *power inverter* ke beban secara otomatis pada saat PLN padam. Pada saat PLN hidup kembali, alat ini akan memindahkan sumber daya ke beban dari *Power Inverter* ke PLN.

Perbedaan Tugas Akhir yang dibuat penyusun dengan referensi-referensi di atas adalah penyusun membuat alat simulasi dari *LBS Three Way* dengan menggunakan prinsip kerja *Automatic Transfer Switch* yang dapat melakukan pemindahan suplai secara otomatis dari jaringan PLN ke jaringan PLN yang disimulasikan dalam jaringan satu fasa. Perangkat-perangkat yang digunakan dalam perancangan alat pun memiliki beberapa perbedaan dari referensi yang ada. Penyusun menggunakan *Arduino Mega 2560* sebagai pusat pengendali dari alat simulasi manuver otomatis. Sensor arus *ACS712* akan mendeteksi beban yang mengalir pada jaringan untuk kemudian dikirimkan ke *Arduino Mega 2560*. *Arduino Mega 2560* akan membaca arus yang dikirim oleh sensor *ACS712*. Jika terdeteksi adanya arus yang melebihi batas *setting* arus pada jaringan, *Arduino Mega 2560* akan menggerakkan *relay DPDT (Double pole Double Throw)* yang

difungsikan sebagai PMT, SSO, dan *Recloser*, dari posisi *normally close (NC)* menjadi *normally open (NO)*. *LBS Three Way* sendiri menggunakan dua *relay DPDT* yang masing-masing digunakan untuk menghubungkan beban khusus ke jaringan utama atau cadangan pada saat terjadi gangguan pada jaringan yang menyuplai *LBS Three Way*. Saat *relay* yang difungsikan sebagai PMT, *Recloser*, atau SSO berada pada posisi *normally open*, maka *LBS Three Way* akan mendeteksi adanya hilang tegangan. Hilang tegangan ini yang menjadi syarat berpindahannya posisi *LBS Three Way* yang semula terhubung dengan jaringan utama menjadi terhubung dengan jaringan cadangan. Begitu pula sebaliknya, saat *LBS Three Way* terhubung dengan jaringan cadangan dan kemudian terjadi hilang tegangan pada jaringan tersebut, *LBS Three Way* akan kembali ke jaringan utama. Besarnya tegangan dan arus pada *LBS Three Way* dimonitor dengan menggunakan *software VTScada* yang terhubung dengan *Arduino Mega 2560* melalui *ethernet shield* dan *router*.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan salah satu bagian dari suatu sistem tenaga listrik yang dimulai dari PMT *incoming* di Gardu Induk sampai dengan Alat Penghitung dan Pembatas (APP) di instalasi konsumen yang berfungsi untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari Gardu Induk sebagai pusat beban ke pelanggan-pelanggan secara langsung atau melalui gardu-gardu distribusi (gardu trafo) dengan mutu yang memadai sesuai standar

pelayanan yang berlaku. Dengan demikian sistem distribusi ini menjadi suatu sistem tersendiri karena unit distribusi ini memiliki komponen peralatan yang saling berkaitan dalam operasinya untuk menyalurkan tenaga listrik. Dimana sistem adalah perangkat unsur-unsur yang saling ketergantungan yang disusun untuk mencapai suatu tujuan tertentu dengan menampilkan fungsi yang ditetapkan.^[8]

Dilihat dari tegangannya sistem distribusi pada saat ini dapat dibedakan dalam dua macam yaitu^[8] :

- 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.

2.2.2 Manuver Jaringan Distribusi 20 KV

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.^[9]

Kegiatan yang dilakukan saat manuver :

- 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.

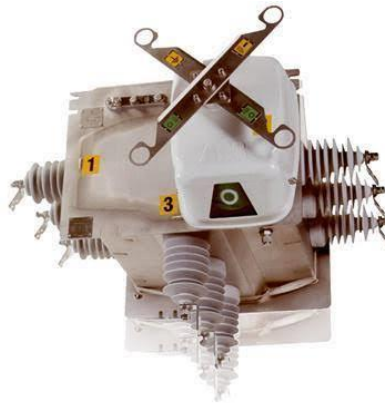
Syarat – syarat yang harus dipenuhi saat melakukan manuver jaringan distribusi adalah :

1. Tegangan antara kedua penyulang yang akan dimanuver harus sama, maksimal beda tegangan 0,5 kV.
2. Penyulang yang menerima pelimpahan beban harus mampu menerima beban yang akan dilimpahkan.
3. Urutan ketiga fasa antara kedua penyulang yang akan dimanuver harus sama.
4. Peralatan manuver / switching harus dalam keadaan baik untuk beroperasi.
5. Frekuensi antara kedua penyulang yang akan dimanuver dalam keadaan sama.
6. Jaringan yang dimanuver harus dalam satu subsistem yang sama, apabila berbeda subsistem akan terjadi pemadaman sesaat.
7. Apabila kedua penyulang berasal dari transformator yang berbeda tegangannya maka harus dimintakan persamaan tegangan terlebih dahulu ke pihak APD atau Area atas permintaan Rayon.

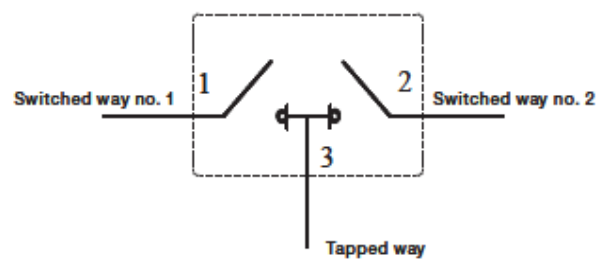
Pelimpahan beban juga dapat diartikan sebagai kegiatan atau pekerjaan pengalihan beban baik sebagian maupun seluruh penyulang ke penyulang lain yang bersifat sementara dengan menutup (memasukkan) atau membuka (melepas) peralatan – peralatan penghubung / *switching* seperti ABSW, LBS, dan PMT.^[9]

2.2.3 Load Break Switch (LBS) Three Way

Load Break Switch (LBS) Three Way merupakan saklar pemutus arus yang memiliki tiga saluran atau *three way*. Pada jaringan distribusi *Load Break Switch (LBS) Three Way* ini diaplikasikan pada persimpangan jaringan dan dapat juga sebagai penggabungan antara dua penyulang yang bertujuan untuk mem maneuverkan daya ke penyulang lain saat terjadi gangguan sehingga dapat memperkecil daerah pemadaman.^[10]



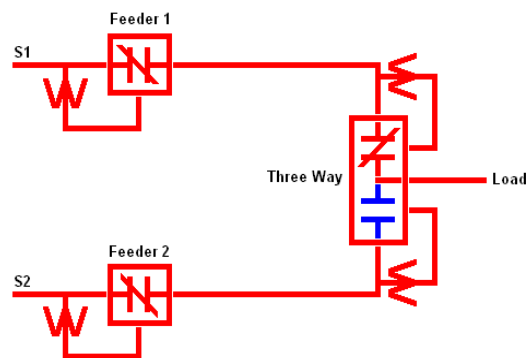
Gambar 2.1 *Load Break Switch Three Way*^[11]



Gambar 2.2 Skema *Load Break Switch (LBS) Three Way*^[10]

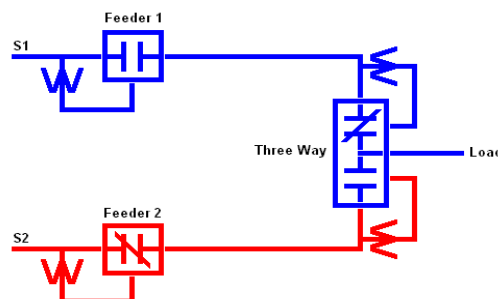
Pada skema jaringan distribusi *loop*, dirancang untuk memulihkan pasokan tenaga listrik kepada konsumen dalam waktu yang sesingkat mungkin.

Konfigurasi ini menggunakan 2 buah penyulang dan 1 buah *load break switch (LBS) three way* ditempatkan pada titik pertemuan kedua penyulang. *Loop Scheme* adalah suatu sistem otomatisasi *back-up power* dengan cara individual antara beberapa pemutus beban dengan lokasi yang berbeda dalam satu *loop* jaringan yang terdiri dari dua penyulang. Tujuannya adalah untuk mempercepat pemulihan tegangan di sisi pelanggan. Prinsip kerja *Load Break switch (LBS) three way* digunakan untuk manuver jaringan distribusi primer :



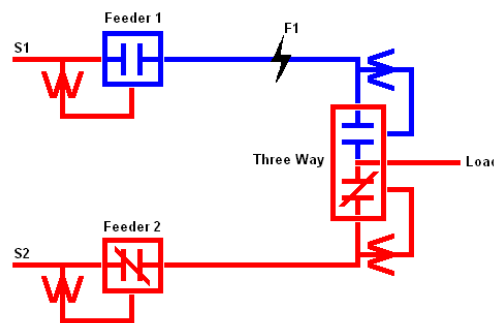
Gambar 2.3 *Loop scheme* sistem jaringan normal^[10]

Pada gambar 4 saat penyulang (S1) dan penyulang (S2) dalam kondisi normal, maka *load break switch (LBS) three way* terhubung dengan penyulang (S1). Sehingga beban disuplai dari penyulang (S1).



Gambar 2.4 *Loop scheme* penyulang (S1) padam^[10]

Sedangkan pada gambar 2.4 saat penyulang (S1) padam, *load break switch three way* masih terhubung dengan penyulang (S1). Penyulang (S1) sampai *load break switch three way* tidak ada tegangan, sehingga beban yang terhubung dengan *load break switch three way* juga mengalami padam. Kemudian setelah jeda waktu sesuai *setting load break switch three way*, *load break switch three way* terhubung dengan penyulang (S2) maka beban dari *tapped way* nomor 3 mendapat suplai dari penyulang (S2) seperti pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Loop scheme beban mendapat suplai dari penyulang (S2) ^[10]

Apabila penyulang (S1) telah diperbaiki atau kembali normal, maka beban dari *tapped way* nomor 3 masih mendapat suplai dari penyulang (S2). ^[10]

2.2.4 Pemutus Tenaga (PMT)

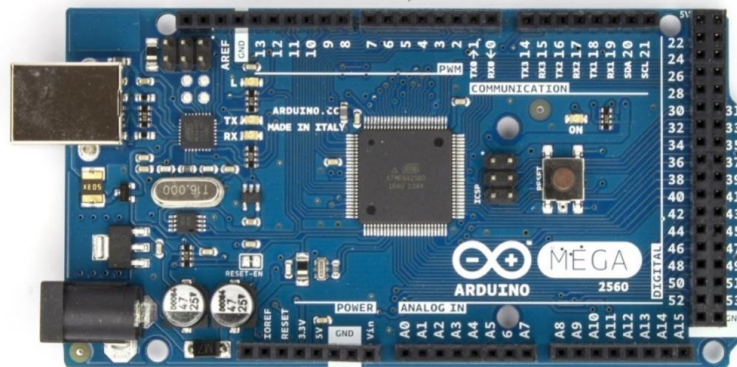
Pemutus tenaga atau PMT merupakan peralatan proteksi, pembatas, dan pemutus utama yang dipasang pada saluran utama di gardu induk yang berfungsi sebagai pengaman utama jaringan yang dilengkapi dengan relai-relai proteksi yang telah disetting sesuai dengan arus gangguan maupun waktu tertentu dan berdasarkan 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.^[12]

2.2.5 Mikrokontroler Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler berbasis *Atmega 2560* yang memiliki 54 pin digital *input/output*, dimana 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*.^[13]

Mikrokontroler dapat diprogram dengan menggunakan komputer. Mikrokontroler akan membaca *input* kemudian memproses *input* tersebut sehingga menghasilkan *output* yang sesuai dengan keinginan. Jadi mikrokontroler bekerja sebagai otak yang mengatur *input*, proses, dan *output* sebuah rangkaian elektronik.



Gambar 2.6 Arduino Mega 2560^[13]

Tabel 2.1 Spesifikasi dari Arduino Mega 2560^[13]

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

a. Catu Daya

Arduino Mega dapat diaktifkan melalui koneksi *USB* atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Sumber daya eksternal (non-*USB*) dapat berasal dari *adaptor AC-DC* atau baterai. Papan *Arduino ATmega2560* dapat beroperasi dengan daya eksternal 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, *regulator* tegangan akan mengalami panas berlebihan dan bisa merusak papan. Rentang sumber tegangan yang dianjurkan adalah 7 Volt sampai 12 Volt. Pin tegangan yang tersedia pada papan *Arduino* adalah sebagai berikut^[14]:

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 (ter-*regulator*) 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*.
5. **IOREF**, pin ini berfungsi untuk memberikan referensi tegangan yang beroperasi pada mikrokontroler. Sebuah perisai (*shield*) dikonfigurasi

dengan benar untuk dapat membaca pin tegangan IOREF dan memilih sumber daya yang tepat atau mengaktifkan penerjemah tegangan (*voltage translator*) pada *output* untuk bekerja pada tegangan 5 Volt atau 3,3 Volt.

a. Memori

Arduino ATmega2560 memiliki 256 KB *flash memory* untuk menyimpan kode (yang 8 KB digunakan untuk *bootloader*), 8 KB SRAM dan 4 KB EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan perpustakaan EEPROM).^[14]

b. Input dan Output

Arduino Mega 2560 memiliki 54 digital pin pada *Arduino Mega* dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()*. Beberapa pin memiliki fungsi khusus, antara lain^[14]:

1. **Serial**, terdiri atas pin 0 (RX) dan 1 (TX), pin *Serial* 19 (RX) dan 18 (TX), pin *Serial*17 (RX) dan 16 (TX), pin *Serial*15 (RX) dan 14 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) data *serial* TTL. Pins 0 dan 1 juga terhubung ke pin chip ATmega16U2 *Serial* USB-to-TTL.
2. **Eksternal Interupsi**, berupa 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 perubah nilai.
3. **SPI**, terdiri dari pin 50 (MISO), pin 51 (MOSI), pin 52 (SCK), pin 53 (SS). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan perpustakaan SPI. Pin SPI

juga terhubung dengan *header* ICSP, yang secara fisik kompatibel dengan *Arduino Uno*, *Arduino Duemilanove* dan *Arduino Diecimila*.

4. **LED**, berupa pin 13. Tersedia secara *built-in* pada papan *Arduino ATmega2560*. *LED* terhubung ke pin digital 13. Ketika pin diset bernilai *HIGH*, maka *LED* menyala (*ON*), dan ketika pin diset bernilai *LOW*, maka *LED* padam (*OFF*).
5. **TWI**, terdiri atas pin 20 (*SDA*) dan pin 21 (*SCL*). Yang mendukung komunikasi *TWI* menggunakan perpustakaan *Wire*. Perhatikan bahwa pin ini tidak di lokasi yang sama dengan pin *TWI* pada *Arduino Duemilanove* atau *Arduino Diecimila*.

Arduino Mega2560 memiliki 16 pin sebagai analog *input*, yang masing-masing menyediakan resolusi 10 bit (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Secara *default* pin ini dapat diukur/diatur dari mulai *Ground* sampai dengan 5 Volt, juga memungkinkan untuk mengubah titik jangkauan tertinggi atau terendah mereka menggunakan pin *AREF* dan fungsi *analogReference()*.^[14]

Ada beberapa pin lainnya yang tersedia, antara lain:

1. **AREF**, merupakan referensi tegangan untuk *input* analog. Digunakan dengan fungsi *analogReference()*.
2. **RESET**, merupakan jalur *LOW* ini digunakan untuk *me-reset* (menghidupkan ulang) mikrokontroler. Jalur ini biasanya digunakan untuk menambahkan tombol *reset* pada *shield* yang menghalangi papan utama *Arduino*.

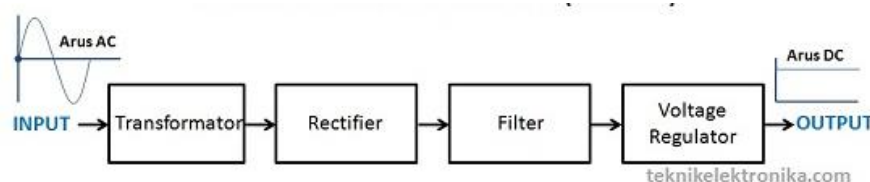
c. Komunikasi

Arduino Mega 2560 memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, *Arduino* lain, bahkan mikrokontroler lain. *ATmega 2560* menyediakan empat UART *hardware* untuk TTL (5V) komunikasi *serial*. Sebuah chip *ATmega16U2* yang terdapat pada papan digunakan sebagai media komunikasi *serial* melalui USB dan muncul sebagai *COM Port Virtual* (pada *Device* komputer) untuk berkomunikasi dengan perangkat lunak pada komputer. Perangkat lunak *Arduino* termasuk di dalamnya serial monitor memungkinkan data tekstual sederhana dikirim ke dan dari papan *Arduino*. LED RX dan TX (pada pin 13) akan berkedip ketika data sedang dikirim atau diterima melalui chip *USB-to-serial* yang terhubung melalui *USB* komputer (tetapi tidak berlaku untuk komunikasi serial seperti pada pin 0 dan 1).^[14]

2.2.6 Rangkaian Catu Daya

Catu Daya atau *Power Supply* merupakan rangkaian yang berfungsi untuk mengubah arus listrik bolak-balik (*AC*) menjadi arus listrik searah (*DC*). Catu daya juga sering disebut dengan *adaptor*.

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

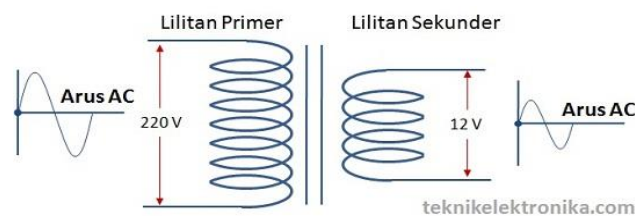


Gambar 2.7 Blok Diagram Catu Daya^[15]

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

a. Transformator

Transformator yang digunakan untuk *DC power supply* adalah Transformer jenis *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 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.



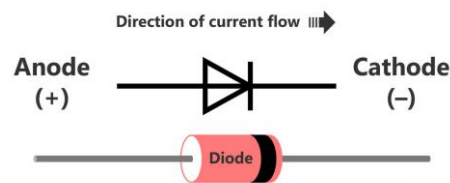
Gambar 2.8 Rangkaian Transformator *Step Down*^[15]



Gambar 2.9 Transformator *Step Down* 5A

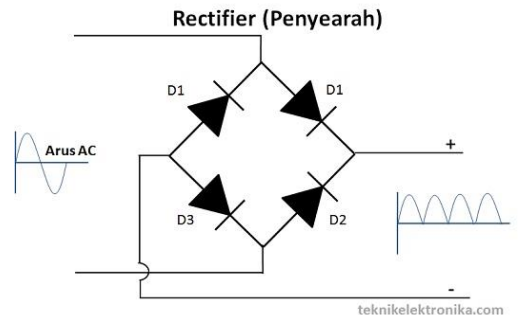
b. *Rectifier*

Penyearah merupakan suatu rangkaian dalam *power supply* yang berfungsi untuk mengubah tegangan *AC* menjadi tegangan *DC*. Komponen dalam rangkaian penyearah adalah dioda yakni komponen yang merupakan pertemuan (*junction*) antara semikonduktor tipe *p* dan tipe *n*.^[16]



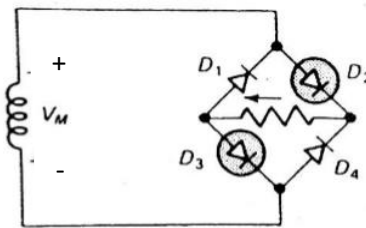
Gambar 2.10 Struktur Dioda^[16]

Pada saat dioda memperoleh catu arah maju (*forward bias*), dioda semikonduktor hanya dapat melewatkan arus pada satu arah saja. Dalam kondisi ini dikatakan dioda dalam keadaan konduksi/menghantar dengan tahanan dalam yang relatif kecil. Sebaliknya jika dioda diberi *reverse bias*, maka arus akan sulit mengalir disebabkan tahanan dalam dioda yang besar. 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*.



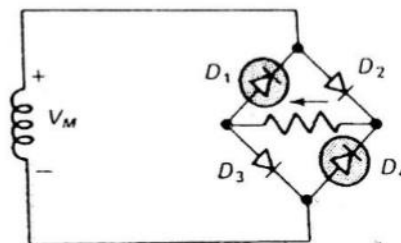
Gambar 2.11 Penyearah Gelombang (*Rectifier*)^[15]

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

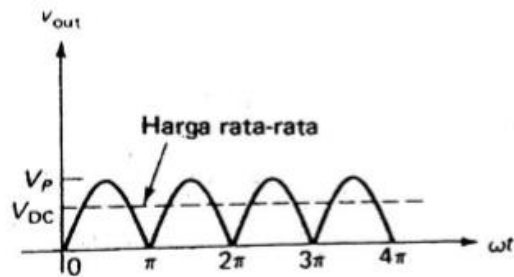


Gambar 2.12 Penyearah Jembatan Setengah Siklus Positif

Kemudian selama setengah siklus negatif, dioda D1 dan D4 akan di *bias forward*. Proses ini ditunjukkan dalam gambar 2.13.



Gambar 2.13 Penyearah Jembatan Setengah Siklus Negatif

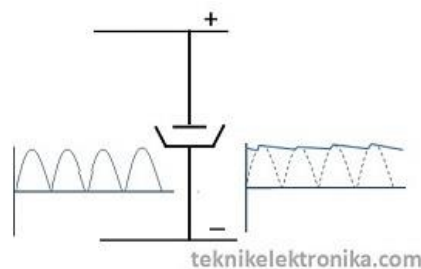


Gambar 2.14 Sinyal Gelombang Penuh

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

c. *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.



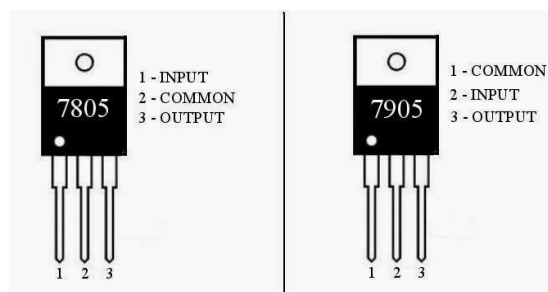
Gambar 2.15 Penyaring (*Filter*)^[15]

d. Voltage Regulator

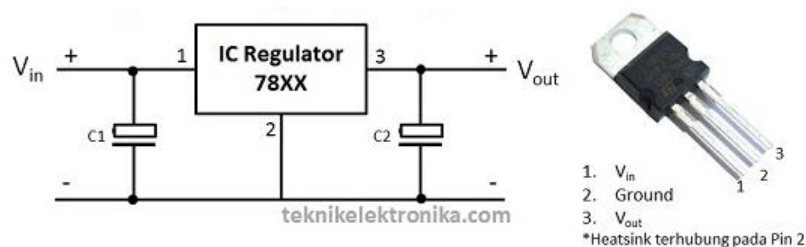
Regulator tegangan merupakan rangkaian yang digunakan sebagai penstabil tegangan catu daya. Rangkaian ini dapat memberikan *output* tegangan DC yang teratur atau tetap pada nilai yang telah ditentukan meskipun tegangan masukan catu atau beban yang tersambung berubah-ubah.

Penggunaan *regulator* tegangan yang sekarang banyak digunakan sudah dalam bentuk *chip* IC. IC *regulator* tegangan tetap yang adalah keluarga 78XX untuk tegangan positif dan seri 79XX untuk tegangan negatif.

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.^[15]



Gambar 2.16 Diagram Pinout dari Voltage Regulator^[15]



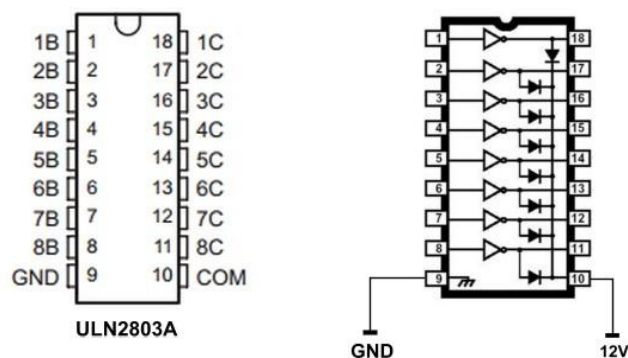
Gambar 2.17 Rangkaian IC Regulator^[15]

2.2.7 Driver Relay IC ULN2803

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

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

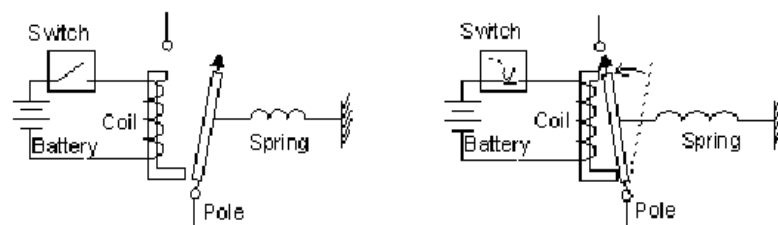
ULN2803 mempunyai 18 pin dengan rincian pin 1-8 digunakan untuk menerima sinyal tingkat rendah, pin 9 sebagai *ground*, pin 10 sebagai *Vcc*, dan pin 11-18 merupakan *output*.



Gambar 2.18 Pin-out Diagram *ULN 2803*^[15]

2.2.8 Relai

Relai adalah sebuah saklar yang dikendalikan oleh arus. Relai memiliki sebuah kumparan tegangan rendah yang dililitkan pada inti. Terdapat sebuah armatur besi yang akan tertarik menuju inti besi apabila arus mengalir melewati kumparan. Armatur ini terpasang pada sebuah tuas berpegas. Ketika armature tertarik menuju inti, kontak jalur bersama akan berubah posisinya dari kontak normal-tertutup ke kontak normal-terbuka. Posisi kontak *relai* saat *open* dan *close* ditunjukkan pada gambar 2.19.



Gambar 2.19 Posisi Kontak Relai: (a) Posisi Kontak *Open* saat Relai Tidak Bekerja, (b) Posisi Kontak *Close* saat Relai Bekerja^[15]

Relai adalah perangkat listrik atau bisa disebut komponen yang berfungsi sebagai saklar listrik. Cara kerja relai adalah apabila kita memberi tegangan pada kaki 1 dan kaki *ground* pada kaki 2, maka relai secara otomatis posisi kaki CO (*Change Over*) pada relai akan berpindah dari kaki NC (*Normally Close*) ke kaki NO (*Normally Open*). Relai juga dapat disebut komponen elektronika berupa saklar elektronik yang digerakkan oleh arus listrik. Secara prinsip, relai 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.

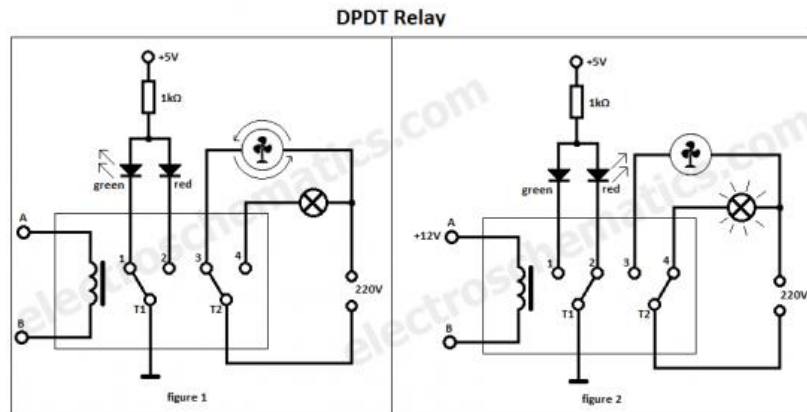
Pada saat arus dihentikan, gaya magnet akan hilang dan tuas akan kembali ke posisi semula, sehingga kontak saklar kembali terbuka. Secara sederhana relai elektromekanis ini didefinisikan sebagai berikut:

- a. Alat yang menggunakan gaya elektromagnetik untuk menutup (atau membuka) kontak saklar
- b. Saklar yang digerakkan (secara mekanis) oleh daya/energi listrik.

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

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

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



Gambar 2.20 Relay DPDT Menggerakkan 2 Beban^[15]

2.2.9 Sensor Arus ACS 712

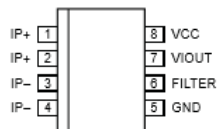
ACS712 merupakan suatu IC terpaket yang berfungsi sebagai sensor arus menggantikan transformator arus yang relatif besar dalam hal ukuran. ACS712 merupakan sensor yang ekonomis dan presisi baik untuk pengukuran AC ataupun DC dan sensor ini memiliki tipe variasi sesuai arus maksimalnya yakni 5A, 20A,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

Tabel 2.2 Karakteristik dari sensor arus ACS712. ^[17]

| Characteristic | Symbol | Test Conditions | Min. | Typ. | Max. | Units |
|----------------------------------|---------------|--|------|---------------------|------|------------|
| ELECTRICAL CHARACTERISTIC | | | | | | |
| Supply Voltage | V_{cc} | | 4.5 | 5.0 | 5.5 | V |
| Supply Current | I_{cc} | $V_{cc}=5.0$ V, output open | - | 10 | 13 | mA |
| Output Capacitance Load | C_{Load} | VIOUT to GND | - | - | 10 | μ F |
| Output Resistive Load | R_{Load} | VIOUT to GND | 4.7 | - | - | k Ω |
| Primary Conductor Resistance | $R_{PRIMARY}$ | $T_A=25^\circ$ C | - | 12 | - | m Ω |
| Rise Time | t_r | $I_p=I_p(max)$, $T_A=25^\circ$ C, $C_{out}=open$ | - | 3.5 | - | μ s |
| Frequency Bandwidth | F | -3 dB, $T_A=25^\circ$ C, $I_p I_a$ 10 A peak to peak | - | 80 | - | kHz |
| Nonlinearity | E_{UN} | Over full range of I_p | - | 1.5 | - | % |
| Symetry | E_{SYM} | Over full range of I_p | 98 | 100 | 102 | % |
| Zero Current Output Voltage | $V(out)(Q)$ | Bidirectional, $I_p=0A$ $T_A=25^\circ$ C | - | $V_{cc} \times 0.5$ | - | V |
| Power Ontime | $T_p=0$ | Output reaches 90% of steady-state level $T_f=25^\circ$ C, 20 A present on leadframe | - | 35 | - | μ s |

| | | | | | | |
|----------------------------|-----------------|---|-----|--------|-----|------------------------|
| Magnetic Coupling | | | - | 12 | - | G/A |
| Internal Filter Resistance | $R_{F(INT)}$ | | - | 1.7 | - | k Ω |
| Optimized Accuracy Range | I_p | | -5 | - | 5 | A |
| Sensitivity | Sens | Over full range of I_p , $T_A=25^\circ\text{C}$ | 180 | 185 | 190 | mV/A |
| Noise | $V_{NOISE(PP)}$ | Peak to Peak, $T_A=25^\circ\text{C}$, 185 mV/A programmed sensitivity $C_f=47$ nF, C_{out} =open, 2 kHz bandwidth | - | 21 | - | mV |
| Sensitivity Slope | Sens | $T_A= -40^\circ\text{C}$ to 25°C | | - | | mV/A/ $^\circ\text{C}$ |
| | | $T_A= 25^\circ\text{C}$ to 150°C | | 0,054 | | |
| | | | | - | | mV/A/ $^\circ\text{C}$ |
| | | | | 0,008 | | |
| Total Output Error | Error | $I_p=5\text{A}$ $T_A=25^\circ\text{C}$ | - | +/-1.5 | - | % |
| Zero Current Output Slope | | $T_A= -40^\circ\text{C}$ to 25°C | | -0,26 | | mV/ $^\circ\text{C}$ |
| | | $T_A= 25^\circ\text{C}$ to 150°C | | -0.08 | | mV/ $^\circ\text{C}$ |

Pin-out Diagram



Terminal List Table

| Number | Name | Description |
|---------|--------|---|
| 1 and 2 | IP+ | Terminals for current being sampled; fused internally |
| 3 and 4 | IP- | Terminals for current being sampled; fused internally |
| 5 | GND | Signal ground terminal |
| 6 | FILTER | Terminal for external capacitor that sets bandwidth |
| 7 | VIOUT | Analog output signal |
| 8 | VCC | Device power supply terminal |

Gambar 2.21 Pin-out Diagram ACS712^[17]

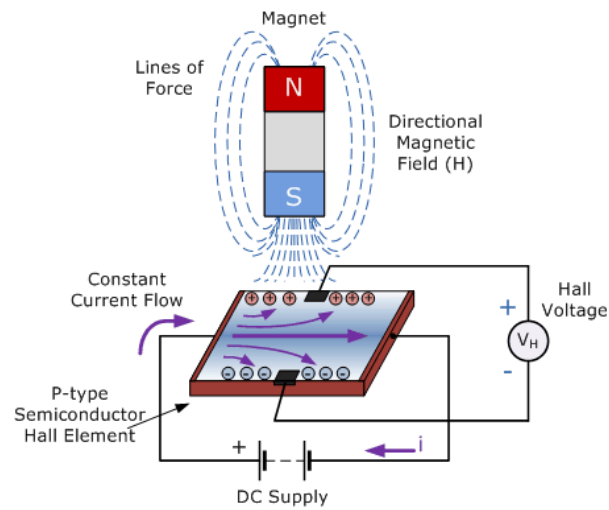
Sensor ACS712 yang menggunakan prinsip efek *Hall* akan mendeteksi arus yang mengalir melalui pin IP+ dan IP- dan memberikan output berupa tegangan. Keuntungan dari penggunaan sensor efek *Hall* adalah sirkuit yang dialiri arus (pin 1,2,3, dan 4) dengan sirkuit yang membaca besaran arus (pin 5 sampai 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.

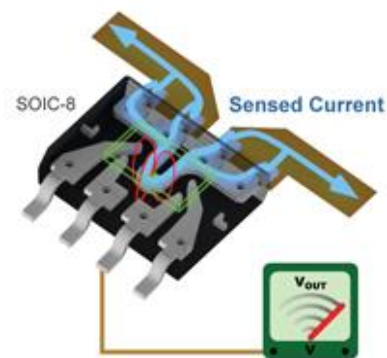
Tahap selanjutnya adalah efek *Hall*. Efek *Hall* adalah peristiwa membeloknya arus listrik di dalam pelat konduktor karena adanya pengaruh medan magnet.

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*.



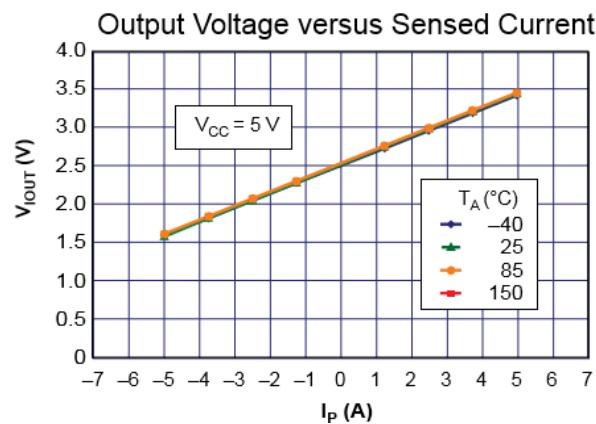
Gambar 2.22 Prinsip Kerja Efek *Hall*^[15]

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



Gambar 2.23 Prinsip Kerja Sensor Arus *ACS 712*^[15]

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 2.24 Menunjukkan hubungan antara tegangan *output* dengan arus yang dideteksi sensor.



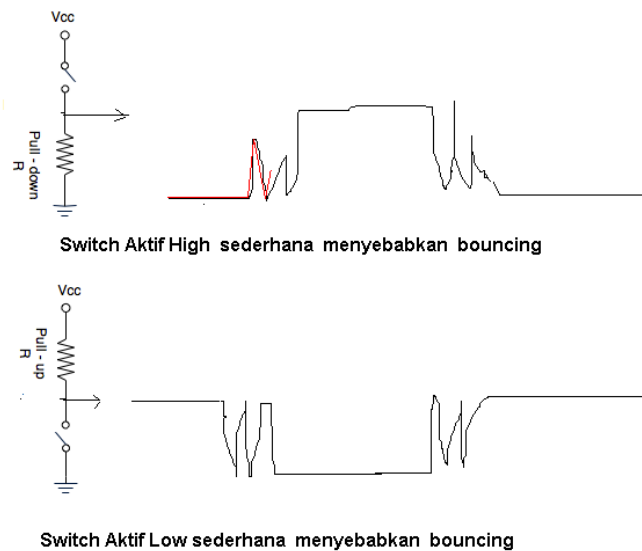
Gambar 2.24 Hubungan Tegangan *Output* dengan Arus^[15]

Karakteristik lain dari sensor arus ACS712 yaitu :

1. Jalur sinyal analog yang rendah *noise*.
2. *Bandwidth* 50 kHz.
3. *Rise-time* 50 μ s.
4. Total *error* pada *output* sebesar 1,5% pada $T_A=25^\circ\text{C}$.
5. Sensitivitas *output* adalah 185 mV/A.
6. Tegangan *input* 5V.
7. Tegangan *output* proporsional untuk arus DC maupun AC.
8. Resistansi *internal* konduktor adalah 1,2 $\text{m}\Omega$

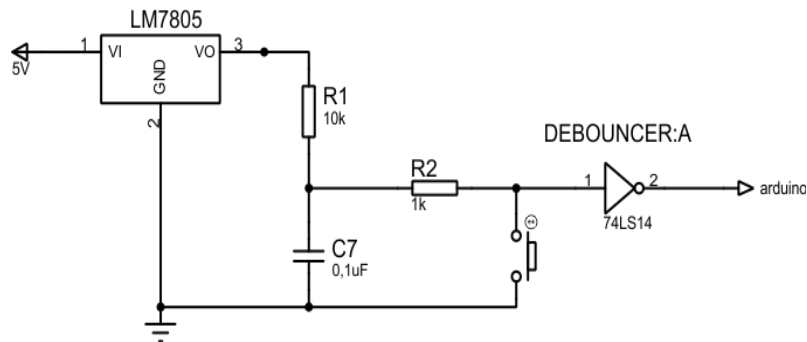
2.2.10 Rangkaian *Debouncer*

Switch yang sederhana seringkali menimbulkan *bouncing* seperti tampak pada di bawah ini:



Gambar 2.25 *Bouncing* Pada Rangkaian

Untuk menghilangkan sinyal *bouncing* dari sebuah *switch* dapat menggunakan cara dengan *software* maupun dengan *hardware*. Kali ini penulis menggunakan *hardware* untuk menghilangkan *bouncing* pada *switch* agar *output* yang dihasilkan stabil dan *mikrocontroller* tidak salah dalam pembacaan sinyal. Rangkaian *hardware* yang digunakan adalah rangkaian *debouncer* dengan menggunakan IC 74LS14.



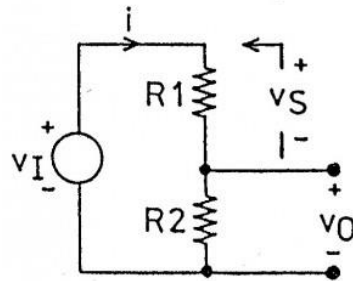
Gambar 2.26 Rangkaian *Debouncer*

Di dalam IC 74LS14 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. Penggunaan resistor pembatas arus agar tidak melebihi inputan sumber. Tegangan ambang atas pada *pemicu Schmitt* yang terdapat dalam IC 74LS14 ini dilambangkan dengan V_{t+} sebesar 1,6 Volt sedangkan tegangan ambang bawahnya V_{t-} sebesar 0,8 Volt. Saat tegangan masukannya mencapai tegangan ambang atas (V_{t+}) maka keluarannya akan berlogika 0, sedangkan saat tegangan masukannya kurang dari tegangan ambang bawahnya (V_{t-}) maka keluaran yang dihasilkan berlogika 1 (tinggi).

2.2.13 Rangkaian Pembagi Tegangan

Rangkaian pembagi tegangan biasanya digunakan untuk membuat suatu tegangan referensi dari sumber tegangan yang lebih besar, titik tegangan referensi pada sensor, untuk memberikan bias pada rangkaian penguat atau untuk memberi bias pada komponen aktif. Rangkaian pembagi tegangan pada dasarnya dapat dibuat dengan 2 buah resistor, contoh rangkaian dasar pembagi tegangan dengan

output V_O dari tegangan sumber V_I menggunakan resistor pembagi tegangan R_1 dan R_2 seperti pada gambar berikut.



Gambar 2.27 Rangkaian Pembagi Tegangan.

Dari rangkaian pembagi tegangan di atas dapat dirumuskan tegangan output V_O . Arus (I) mengalir pada R_1 dan R_2 sehingga nilai tegangan sumber V_I adalah penjumlahan V_S dan V_O sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut.

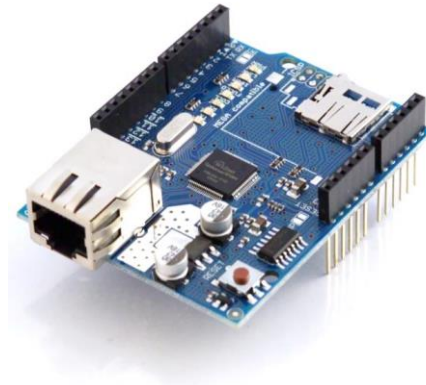
$$V_I = V_S + V_O = i.R_1 + i.R_2$$

Nampak bahwa tegangan masukan terbagi menjadi dua bagian (V_S , V_O), masing-masing sebanding dengan harga resistor yang dikenai tegangan tersebut. Sehingga besarnya V_O dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$V_O = V_I \cdot R_2 / (R_1 + R_2).$$

2.2. Ethernet Shield

Ethernet Shield menambah kemampuan arduino board agar terhubung ke jaringan komputer. Perangkat *Ethernet Shield* ditunjukkan pada gambar 2.28.



Gambar 2.28 *Ethernet Shield*^[18]

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

Supervisory Control And Data Acquisition atau sering kita kenal dengan SCADA adalah sistem kendali industri berbasis komputer yang dipakai untuk *monitoring system* atau *control system*. *VTScada* merupakan *software SCADA* yang diproduksi oleh Trihedral Engineering yang memiliki awalnya bernama WEB. WEB sistem operasi yang berbasis *HMI* memiliki bahasa *scripting* untuk *tags*, *page*, dan yang berhubungan dengan SCADA dibuat melalui penulisan kode. Kemudian pada tahun 1995, WEB berganti nama menjadi *VTS* (*Visual Tag System*) karena program tersebut mengalami perkembangan dalam hal *GUI*

(*Graphic User Interface*) yang membuat lebih mudah dalam penggunaan aplikasi SCADA . Pada tahun 2001, nama *VTScada* ditambahkan untuk aplikasi SCADA dalam hal pengolahan air dan limbah. *VTScada* didesain secara detail dalam komunikasi sistem telemetri, dan juga mengalami penambahan fitur yang lebih bermanfaat. Pada awal tahun 2014, Trihedral Engineering mengeluarkan versi 11, dan produk VTS dan *VTScada* digabung menjadi satu produk yang sekarang dikenal dengan nama *VTScada*.^[19]

Untuk menginstal *software* *VTScada* diperlukan hardware PC (*Personal Computer*) yang memiliki spesifikasi berikut^[19] :

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*^[19] :

- 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^[19] :

- *VTScada Application Manager*

Pada gambar 2.29, 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 2.29 Tampilan *VTScada Application Manager*^[19]

VT Scada merupakan salah satu aplikasi virtual scada, *VT Scada* dapat digunakan untuk keperluan industri, *software* ini menyediakan layar antarmuka yang dapat mengontrol peralatan lewat komputer. Termasuk dapat mengoperasikan katup-katup pipa dan motor atau menampilkan suhu dan 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*).^[19]