

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Gagasan dan ide penulis mengenai tugas akhir ini atas dasar observasi dan konsultasi saat melaksanakan praktek kerja. Penulis menemukan bahwa setelah *dispatcher* melakukan sebuah manuver jaringan 20 KV karena terjadinya suatu hal, maka akan terjadi perubahan pada pola jaringan dan pada panjang jaringan tersebut. Manuver jaringan sendiri merupakan serangkaian kegiatan membuat modifikasi terhadap operasi normal dari jaringan akibat adanya gangguan atau pekerjaan jaringan sehingga tetap tercapainya kondisi penyaluran tenaga listrik yang maksimal.^[1]

Perubahan pada pola dan panjang jaringan tersebut, akan mengakibatkan perubahan pada nilai nilai pengaturan *relay* proteksi. Sehingga pada kondisi setelah manuver, perlu dilakukan pengaturan ulang sistem proteksi pada penyulang 20 KV tersebut. Sistem proteksi merupakan susunan perangkat proteksi secara lengkap yang terdiri dari perangkat utama dan perangkat – perangkat lain yang dibutuhkan untuk melakukan fungsi tertentu berdasarkan prinsip – prinsip proteksi sesuai dengan definisi dan standar yang berlaku.^[2] Sehingga adanya pengaturan tersebut akan meningkatkan keandalan jaringan sebagaimana diketahui bahwa konfigurasi sistem proteksi proteksi harus di sesuaikan dengan topologi dan panjang jaringan.

Penulisan laporan tugas akhir ini juga menggunakan beberapa referensi dari beberapa jurnal yang berkaitan. Referensi dengan judul Proses Manuver Jaringan

Distribusi dengan Pelimpahan Beban Penyulang Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 KV Menggunakan Scada Berbasis Arduino Mega 2560 ^[3] menjelaskan mengenai proses dilakukannya manuver jaringan dengan pelimpahan beban. Referensi lain dengan judul Implementasi Simulator Ratio 4,5 Keypoint pada Feeder Jaringan Tegangan Menengah Berbasis Arduino Mega 2560^[4] penulis gunakan sebagai referensi mengenai alat simulasi manuver jaringan yang memiliki persamaan secara umum yaitu mengenai pengimplementasian pada simulator dengan bahasan seputar manuver jaringan.

Dalam tugas akhir penulis menggunakan *Human Machine interface* (HMI) sebagai antarmuka pendukung tugas akhir dengan referensi jurnal berjudul Simulasi Koordinasi Pelimpahan Beban Otomatis Guna Memperkecil Daerah Padam Berbasis Arduino Mega 2560 Dengan Tampilan *Human Machine Interface* (HMI).^[5]

Berdasarkan tinjauan diatas penulis bermaksud membuat suatu judul bahasan Tugas Akhir yaitu “SIMULASI OTOMASI SISTEM PROTEKSI PADA PENYULANG 20 KV BERBASIS ARDUINO MEGA 2560 DENGAN TAMPILAN *HUMAN MACHINE INTERFACE* (HMI)”. Perbedaan Tugas Akhir yang akan dikerjakan penulis dengan referensi diatas adalah penulis mencoba untuk membuat simulasi otomasi sistem proteksi pada penyulang 20 KV, yaitu dengan cara memperbarui data setting proteksi secara otomatis pada PMT *outgoing* ketika dilakukan manuver jaringan. Simulasi tersebut nantinya berfungsi untuk memperbarui data setting proteksi yang ada dengan yang baru secara otomatis, guna

mempermudah kinerja *dispatcher* dalam memperbarui pengaturan proteksi setelah dilakukan manuver serta untuk mengurangi resiko *human eror*.

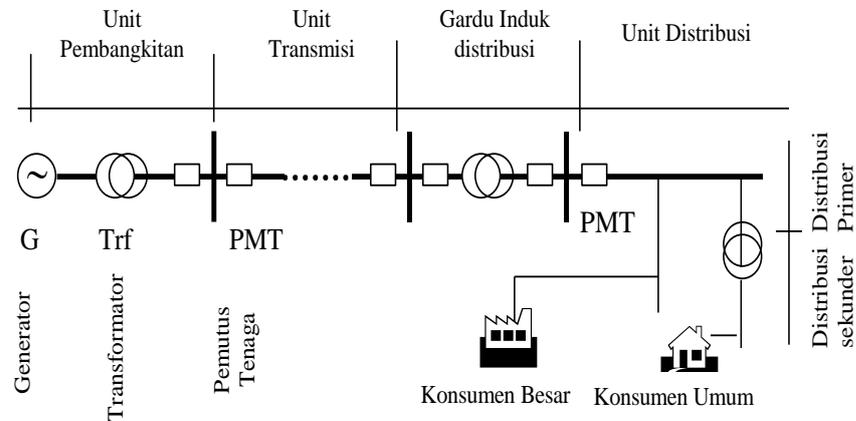
2.2 Landasan Teori

2.2.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari yang besar (*Power Source*) hingga mencapai konsumen. Sehingga, fungsi dari distribusi tenaga listrik yaitu :

1. Membagi dan menyalurkan tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan)
2. Melayani catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani melalui jaringan distribusi.

Unit distribusi tenaga listrik adalah salah satu dari sebuah sistem tenaga listrik antara lain unit pembangkit, unit transmisi, dan unit distribusi. Pada unit distribusi inilah penyaluran ke pelanggan dimulai dari PMT incoming, kemudian dibagi menjadi beberapa feeder 20 KV. Melalui jaringan tegangan menengah, listrik disalurkan hingga gardu distribusi hingga Alat Penghitung dan Pembatas (APP) di instalasi konsumen. Gambar 2.1 menunjukkan instalasi sistem tenaga listrik.^[6]



Gambar 2.1 Instalasi Sistem Tenaga Listrik.^[6]

Didalam sistem distribusi tenaga listrik juga terdapat jaringan distribusi, dimana jaringan distribusi ini merupakan kumpulan dari bagian bagian rangkaian listrik dari transformator daya pada GI distribusi hingga saklar pelayanan pelanggan yang saling berkaitan satu sama lain. Jaringan distribusi ini secara garis besar terdiri dari dua bagian antara lain :

a. Distribusi Primer

Distribusi primer merupakan jaringan penyulang dengan besar tegangan menengah atau 20 KV. Jaringan ini bermula dari bagian sekunder transformator daya pada gardu induk transmisi dan kemudian disalurkan menuju sisi primer dari gardu – gardu distribusi yang terdapat pada tiang tiang jaringan.^[6]

b. Distribusi Sekunder

Distribusi sekunder atau jaringan yang sering disebut dengan istilah lain sebagai jaringan tegangan rendah (JTR) merupakan jaringan dengan rating tegangan 220 V atau 380 V. Jaringan distribusi sekunder

bermula dari sisi sekunder transformator pada gardu – gardu distribusi yang ada pada tiang jaringan listrik, yang kemudian di salurkan hingga sampai pada meter pelanggan melalui kabel berisolasi.^[6]

2.2.2. Sistem Proteksi Distribusi 20 KV

Sistem proteksi distribusi 20 KV atau tegangan menengah adalah sistem pengamanan pada peralatan yang terpasang pada sistem tegangan menengah atau peralatan lainnya dari kondisi tidak normal (gangguan). Peralatan peralatan proteksi yang dihubungkan satu sama lain dan di koordinasikan atau di hubungkan maka akan terbentuklah sebuah sistem proteksi. Agar sebuah sistem proteksi dapat bereaksi dengan cepat tanggap, tepat, dan efektif maka perlu dipertimbangkan macam saluran yang diamankan, seberapa penting saluran tersebut, banyak sedikitnya gangguan yang mungkin terjadi, dan juga pertimbangan secara tekno-ekonomis.^[7]

Adanya sistem proteksi pada jaringan distribusi 20 KV akan dapat mengurangi kerusakan peralatan akibat terjadinya gangguan atau pengoperasian yang tidak normal dan mempersempit gangguan yang terjadi. Selain itu, komponen abiotik atau biotik, termasuk manusia juga harus diamankan dari bahaya tenaga listrik yaitu dengan memberikan proteksi pada sistem itu sendiri. Dengan demikian, pelayanan tenaga listrik dengan keandalan dan mutu dapat diberikan kepada konsumen.^[7]

Pada jaringan distribusi 20 KV biasanya terdapat peralatan proteksi yang terpasang mulai dari *feeder* 20 KV (kubikel) seperti *relay*, CB, CT, PT, dll.

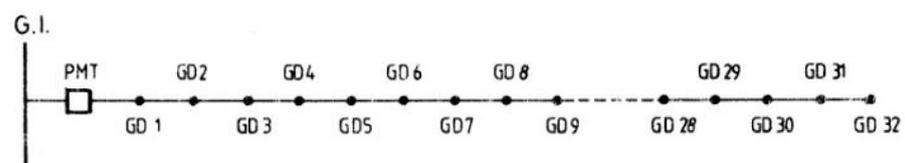
Peralatan tersebut biasanya dikenal sebagai satu kesatuan seperti PMT, LBS, *Recloser*, maupun *Sectionalizer*.

2.2.3. Topologi Jaringan Tegangan Menengah

Jaringan distribusi adalah sebuah jaringan yang berfungsi menyalurkan listrik dari gardu – gardu distribusi menuju ke pusat – pusat beban (pelanggan). Jaringan distribusi tegangan menengah ini terbentang mulai dari sumber (trafo distribusi) hingga pada pusat bebannya, sehingga terdapat beberapa pola rangkaian jaringan distribusi primer antara lain sebagai berikut :

a. Sistem Jaringan Pola *Radial*

Sistem jaringan distribusi ini merupakan sistem tenaga listrik yang disalurkan secara *radial* dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu serta dari cabang ke titik beban yang akan dilayani. Bentuk jaringan ini adalah yang paling sederhana dibanding pola lainnya, banyak digunakan dan juga murah. Akan tetapi keandalan, kualitas dan kontinuitasnya lebih rendah dibanding sistem lainnya. Hal ini karena pada pola jaringan ini terdapat satu jalur utama sebagai suplai dari gardu distribusi, sehingga apabila terjadi gangguan pada *feeder* utama maka seluruh gardu akan turut padam.^[8]



Gambar 2.2 Jaringan Distribusi Pola *Radial*.^[8]

❖ Keuntungan Sistem Jaringan *Radial* :

- Konstruksinya lebih sederhana.
- Material yang digunakan sedikit, sehingga lebih ekonomis.
- Sistem pemeliharannya lebih murah.
- Untuk penyaluran jarak pendek akan lebih murah.

❖ Kelemahan Sistem Jaringan *Radial* :

- Keandalan sistem lebih rendah.
- Faktor penggunaan konduktor 100%.
- Rugi-rugi tegangan lebih besar.
- Kapasitas pelayanan terbatas.
- Bila penyulang utama terkena gangguan, maka penyaluran daya akan terhenti.

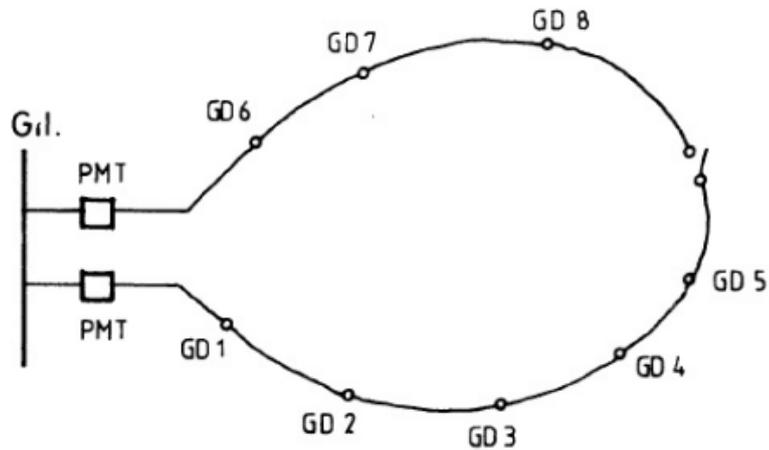
b. Sistem Jaringan Pola *Loop*

Sistem rangkaian dengan pola *loop* (tertutup) pada jaringan distribusi merupakan suatu sistem jaringan dengan menggunakan dua atau lebih *feeder* membentuk sebuah rangkaian yang berupa cincin. Sistem ini secara ekonomis akan lebih menguntungkan, hal ini karena apabila terjadi gangguan maka hanya terbatas pada jaringan yang bermasalah saja yang terganggu. Sedangkan pada jaringan lain masih dapat menyalurkan listrik karena dapat disuplai oleh *feeder* lainnya, sehingga kontinuitas pelayanan menjadi lebih baik.^[8]

Jaringan *loop* memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

- Metode operasinya mudah.
- Keandalannya cukup tinggi.

- Investasinya cukup mahal.



Gambar 2.3 Jaringan Distribusi Pola *Ring/Loop*^[8]

Bentuk loop ini ada 2 macam, yaitu:

1. Bentuk *open loop*

Jaringan ini dilengkapi dengan *normally-open switch*, dengan keadaan normal rangkaian selalu terbuka.

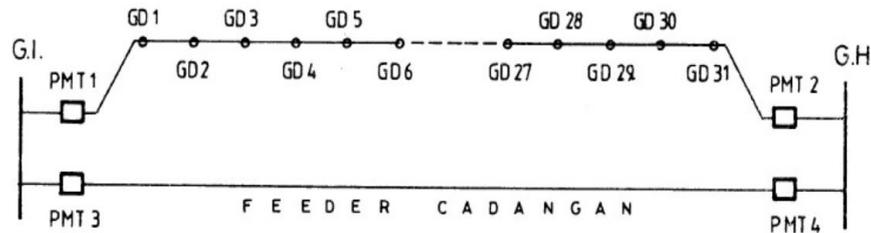
2. Bentuk *close loop*

Bila diperlengkapi dengan *normally-close switch*, yang dalam keadaan normal rangkaian selalu tertutup. Pada tipe ini, kualitas dan kontinuitas pelayanan daya lebih baik, tetapi biaya investasinya lebih mahal, karena memerlukan pemutus beban yang lebih banyak.

c. Sistem Jaringan Pola *Spindel*

Sistem jaringan pola spindel merupakan modifikasi dari bentuk bentuk dasar yang sudah ada dengan tujuan meningkatkan keandalan dan kualitas sistem. Pola *Spindel* ini biasanya terdiri atas 6 penyulang yang berbeban (*Working feeder*) dan satu penyulang tak berbeban (*Express*

feeder). *Express feeder* berfungsi sebagai cadangan apabila salah satu *working feeder* mengalami gangguan, selain itu *express feeder* juga berfungsi mengurangi drop tegangan yang terjadi pada saat kondisi jaringan normal.^[8]

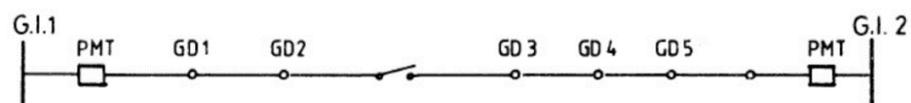


Gambar 2. 4 Sistem Jaringan *Spindel*^[8]

d. Sistem Jaringan Pola *Tie Line*

Sistem jaringan pola *tie-line* merupakan modifikasi dari jaringan berpola *radial* dengan perbedaan pada suplai jaringannya. Jaringan *tie-line* memiliki suplai dari dua penyulang yang dilengkapi dengan saklar otomatis yang berguna untuk memindahkan jaringan apabila salah satunya terdapat masalah atau gangguan.

Apabila terjadi gangguan pada salah satu saluran akibat gangguan maupun pemeliharaan, maka jaringan akan dapat dipindahkan ke penyulang lainnya. Dengan demikian, keandalan dari sistem distribusi tenaga listrik akan menjadi lebih baik.^[8]

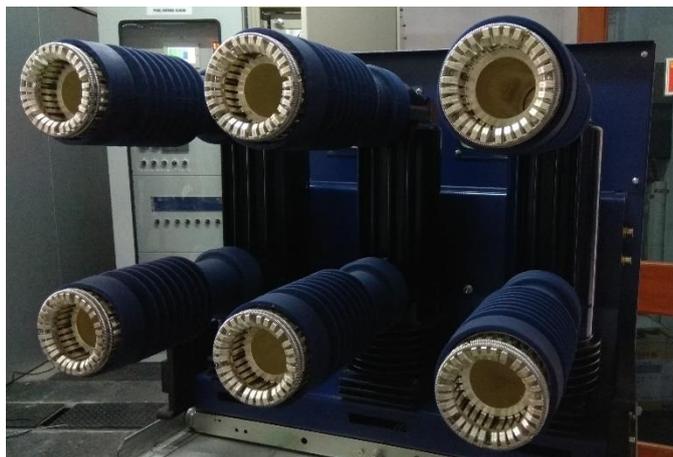


Gambar 2.5 Sistem Jaringan *Tie Line*^[8]

2.2.4. Peralatan *Switching* Jaringan Tegangan Menengah

a. Pemutus Tenaga (PMT)

Pemutus tenaga atau dikenal sebagai *Circuit Breaker* (CB) merupakan peralatan yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan suatu rangkaian listrik dalam kondisi normal maupun dalam kondisi tidak normal (terjadi gangguan) yang dilengkapi dengan media pemadam busur api. PMT merupakan sebuah saklar otomatis yang bekerja memutus arus gangguan berdasarkan koordinasi dari *relay* pengaman. *Relay* proteksi tersebut akan mengirim sinyal kepada PMT sesuai pembacaan dan nilai setting berdasarkan besar arus gangguan. Pengaturan berdasarkan data dan waktu kerja turut diperhitungkan agar seluruh peralatan atau perangkat proteksi dapat berkoordinasi dengan baik.



Gambar 2.6 Bentuk Fisik PMT pada Kubikel 20 KV

b. *Load Break Switch (LBS)*

Load Break Switch (LBS) merupakan peralatan hubung yang berfungsi sebagai pemisah atau pemutus tenaga dengan nominal beban normal dan dilengkapi gas SF₆ sebagai pemadam busur api. LBS terletak pada tiang – tiang jaringan tegangan menengah, dimana saat pemutusannya dapat dilihat secara langsung. Apabila terjadi gangguan, pemutus tenaga ini tidak dapat bekerja secara otomatis melainkan peralatan ini dibuka dan ditutup secara manual untuk melimpahkan beban. Untuk dapat membuka atau menutup dapat dilakukan secara manual pada panel LBS atau menggunakan *stick*, atau dapat secara otomatis oleh *dispatcher* dengan melalui computer (SCADA).



Gambar 2.7 *Load Break Swicth (LBS)*

c. *Air Brake Switch (ABSW)*

Air Brake Swicth (ABSW) adalah peralatan pemutus yang terdiri atas tiga buah pisau pemisah yang bergerak secara bersamaan tanpa dilengkapi peredam busur api, dan hanya dapat dioperasikan secara manual. ABSW sendiri digunakan pada jaringan sebagai pengaman

pada sisi hilir pada saat terjadi gangguan, maupun untuk menyambungkan antar *feeder*. ABSW yang dipasangkan dengan perangkat switching lainnya seperti *Recloser* maupun LBS berfungsi sebagai bypass jaringan untuk kondisi kondisi tertentu. Pada penggunaannya ABSW dapat berlaku *Normally Close* (NC) ataupun *Normally Open* (NO) sesuai dengan kebutuhan dan konfigurasi jaringan yang dikehendaki.

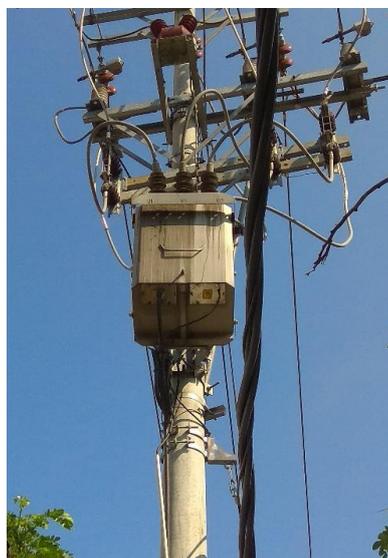


Gambar 2.8 *Air Break Switch* (ABSW)

d. Penutup Balik Otomatis

Penutup Balik Otomatis atau *Recloser* adakah sebuah *Circuit Breaker* yang dilengkapi panel kontrol yang berfungsi mendeteksi adanya gangguan antar fasa – fasa atau fasa – netral. Cara kerja *Recloser* yaitu apabila terjadi gangguan temporer maka relay akan bekerja menggerakkan piranti untuk membuka dan masuk kembali setelah gangguan hilang, pada saat tertentu *Recloser* juga dapat membuka secara permanen (*Lockout*).

Recloser dapat mengindra arus secara otomatis dan bekerja dengan karakteristik waktu kerja masing masing. Kinerja dari *Recloser* dalam mengamankan jaringan dari gangguan harus di koordinasikan dengan perangkat proteksi lainnya menurut nilai gangguan dan karakteristik waktu kerjanya, sehingga peralatan proteksi dapat bekerja secara efektif dan dapat meningkatkan keandalan pada jaringan.



Gambar 2.9 Penutup Balik Otomatis (*Recloser*)

2.2.5. Gangguan dan Pemeliharaan Jaringan Tegangan Menengah

Gangguan dan pemeliharaan jaringan merupakan suatu hal yang sangat berpengaruh terhadap kinerja penyaluran tenaga listrik karena dapat berpengaruh terhadap kontinuitas penyaluran. Gangguan sendiri berdampak buruk terhadap peralatan dan juga jaringan tersebut. Sedangkan pemeliharaan berdampak baik, namun pada pelaksanaannya terkadang harus dilakukan dalam keadaan tak bertegangan (lepas beban). Pada intinya kedua hal tersebut sewaktu waktu dapat menyebabkan jaringan tegangan menengah padam sebagian, sehingga harus

dilakukan pelimpahan beban atau tindakan lainnya untuk menjaga kontinuitas penyaluran.

Gangguan adalah suatu kondisi ketidaknormalan dalam sistem penyaluran tenaga listrik yang mengakibatkan mengalirnya arus yang tidak seimbang dalam sistem tiga fasa, sehingga menimbulkan kecacatan yang mengganggu aliran normal ke beban.^[7] Gangguan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Gangguan *intern* (dari dalam), yaitu suatu gangguan yang muncul dari dalam sistem itu sendiri, seperti hubung singkat, kerusakan isolasi, kerusakan mekanik saklar, kegagalan unjuk kerja, dll.
2. Gangguan *extern* (dari luar), yaitu gangguan yang disebabkan oleh faktor diluar sistem itu, seperti putusnya kabel akibat angin, gangguan layang- layang, pohon tumbang, dll.
3. Gangguan karena faktor manusia, yaitu gangguan yang disebabkan oleh kelalaian manusia sebagai operator, seperti tidak patuh terhadap SOP, kecerobohan, maupun kurang waspada.

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.

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

Sedangkan Arduino Mega 2560 adalah papan *microcontroller* yang berbasis Atmega 2560. Arduino Mega 2560 memiliki 54 pin *input/output* digital (14 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM), 16 pin sebagai *input* analog, 4 pin sebagai UARTs (*port serial* untuk *hardware*), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, *jack power*, *header ICSP*, dan tombol *reset*. Arduino Mega 2560 mempunyai fitur lengkap yang mampu mendukung *microcontroller* di dalamnya.^[9]



Gambar 2.10 Arduino Mega 2560^[10]

Tabel 2.1 Spesifikasi dari Arduino Mega 2560^[10]

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

a. Sumber Daya Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 dapat diaktifkan dengan USB tipe A maupun dengan catu daya. USB tipe A tersebut dapat dihubungkan dengan adaptor maupun dengan laptop saat diprogram. Pada Arduino Mega 2560 juga terdapat *jack power* yang dapat digunakan pula untuk mengaktifkan mikrokontroler tersebut. Selain itu, sumber daya DC

untuk mengaktifkan arduino dapat langsung dihubungkan melalui *header female* pada pin Vin dan Gnd dari konektornya..

1. VIN : Digunakan sebagai input tegangan dari sumber daya eksternal, atau dapat juga diambil sebagai tegangan melalui pin tersebut apabila menggunakan input jack power.
2. 5V : Digunakan untuk memperoleh tegangan 5V yang dihasilkan oleh pembatas tegangan yang terdapat pada papan mikrokontroller (*built-in voltage regulator*)..
3. 3V3 : Sebuah pin yang menghasilkan tegangan 3,3 Volt dengan arus maksimum 50mA melalui *built-in voltage regulator*.
4. GND : Pin Ground atau Massa.
5. IOREF : Pin ini pada papan Arduino berfungsi untuk memberikan referensi tegangan yang beroperasi pada mikrokontroler.

b. Pin Input dan Output

Arduino Mega 2560 memiliki 54 pin digital yang dapat berfungsi sebagai *input* ataupun *output*, sesuai dengan fungsi perintah pada programnya seperti *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()*. Setiap pin digital tersebut dapat menerima atau mengirim arus sebesar 20-40 mA dengan *internal pullup resistance* antara 20-50 k Ω

Berikut adalah beberapa pin yang memiliki fungsi khusus :

1. **Serial: 0 (RX) dan 1 (TX); Serial 1: 19 (TX) dan 18 (RX);
Serial 2: 17 (RX) dan 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) dan 14 (TX),**

Serial (RX) berfungsi untuk mengirim data serial TTL sedangkan serial (TX) berfungsi untuk menerima 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 tersebut dapat diatur sebagai *trigger* interupsi nilai agar dapat meningkat atau menurun dalam perubahan nilai.
3. **PWM: pin 0 sampai 13.** Pin ini digunakan sebagai keluaran pulsa (*pulse width modulation*) dengan perintah pemrograman *analogWrite()*.
4. **SPI: pin 50 (MISO), 5 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS).** Pin ini digunakan sebagai komunikasi *SPI* menggunakan *SPI library*.
5. **LED: pin 13.** Pin ini dilengkapi dengan *built-in* LED yang akan menyala apabila memperoleh nilai *high* dan sebaliknya.
6. **I²C: pin 20 (SDA) dan 21 (SCL).** Pin ini digunakan untuk komunikasi TWI menggunakan *Wire library* berdasarkan *serial data* dan *serial clock*.

Pada Arduino Mega 2560 terdapat sejumlah 16 pin *analog* dengan besar resolusi 10 bit (1024 nilai). Pin analog ini dapat diatur atau diukur secara otomatis antara 0 – 5 V, serta dapat mengubah titik jangkauannya melalui fungsi AREF dengan perintah pemrograman *analogReference()*. Berikut adalah pin lain yang tersedia di papan :

1. **AREF,** berfungsi mengubah tegangan referensi pada *input* analog.

2. **Reset**, digunakan untuk membuat tombol *reset* selain dari tombol reset yang telah ada di papan mikrokontroler.

c. Memori

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

d. Komunikasi

Arduino Mega 2560 memiliki komponen yang dapat berfungsi untuk komunikasi antara Arduino dengan PC maupun dengan mikrokontroler lain. Pada Arduino terdapat IC ATmega 2560 dengan empat buah UART *hardware* untuk TTL (5V) komunikasi serial. Sebuah *chip* ATmega16U2 yang terletak pada *board* mikrokontroler berfungsi sebagai media komunikasi serial melalui USB dan muncul pada PC sebagai perangkat *virtual* sebagai penghubung perangkat lunak ke komputer. Komunikasi ditandai dengan sebuah LED RX dan TX (terletak pada pin 13) yang akan berkedip saat dilakukannya pengiriman maupun penerimaan data oleh *chip USB-to-serial* yang terhubung melalui USB komputer

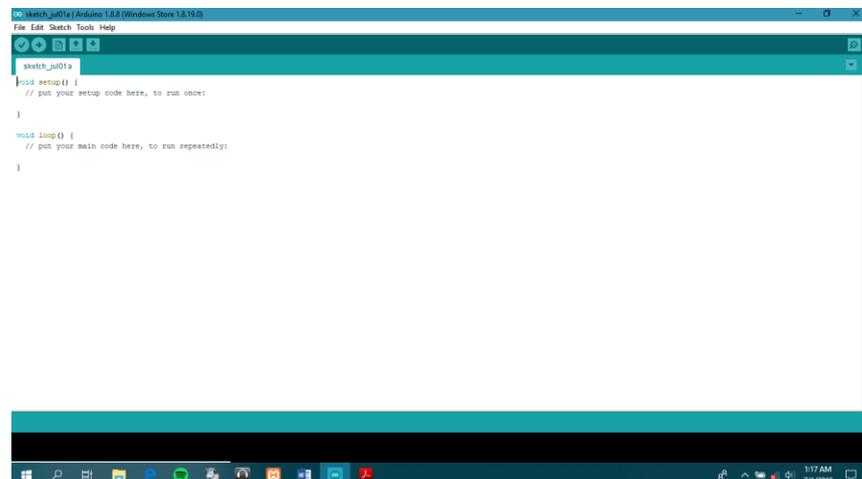
e. Pemrograman Arduino

Pemrograman Arduino Mega 2560 dilakukan dengan sebuah aplikasi IDE (*Integrated Development Environment*) yang merupakan *software*

open source dari Arduino. *Software* ini memiliki fungsi untuk memprogram, *compile*, serta mengupload ke papan Arduino tersebut.



Gambar 2.11 Software Arduino IDE (*Integrated Development Environment*)^[11]



Gambar 2.12 Tampilan Software Arduino IDE (*Integrated Development Environment*)^[11]

2.2.7. Arduino Ethernet Shield

Ethernet Shield adalah modul yang digunakan untuk mengkoneksikan Arduino dengan internet menggunakan kabel (*Wired*). *Arduino Ethernet Shield*

dibuat berdasarkan pada *Wiznet W5100 ethernet chip*. *Wiznet W5100* menyediakan IP untuk TCP dan UDP, yang mendukung hingga 4 socket secara simultan. Untuk menggunakannya dibutuhkan *library Ethernet* dan *SPI*. Dan *Ethernet Shield* ini menggunakan kabel RJ-45 untuk mengkoneksikanya ke Internet, dengan *integrated line transformer* dan juga *Power over Ethernet*.^[12]

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

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

Jika kita menggunakan kedua perangkat dalam program kita, hal ini akan diatasi oleh *library* yang sesuai. Jika kita tidak menggunakan salah satu perangkat dalam program kita, kiranya kita perlu secara eksplisit mendeselect-nya. Untuk

melakukan hal ini pada SD card, set pin 4 sebagai output dan menuliskan logika tinggi padanya, sedangkan untuk *W5100* yang digunakan adalah pin 10.^[12]

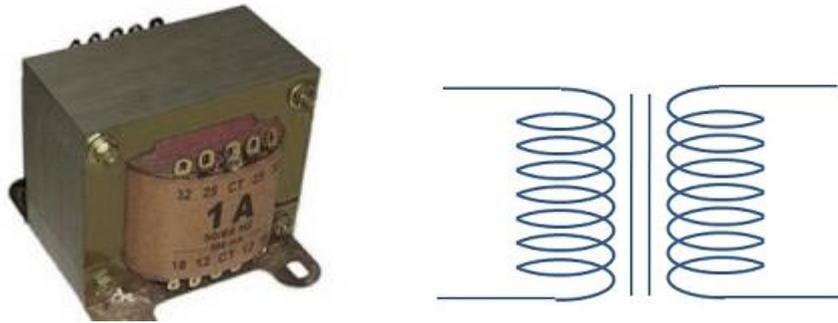


Gambar 2.13 *Ethernet Shield*^[13]

2.2.8. Catu Daya DC

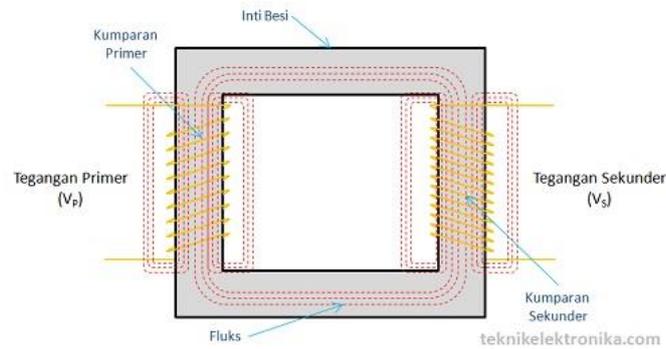
a. Transformator

Transformator atau yang dikenal dengan istilah trafo adalah sebuah alat yang berfungsi untuk mengubah nilai tegangan bolak – balik dengan cara mentransformasikan besaran dari lebih tinggi ke lebih rendah (*step down*) dan sebaliknya (*step up*). Pada dasarnya sebuah transformator terdiri dari kumparan primer dan kumparan sekunder yang dililitkan pada sebuah lempengan besi yang dibentuk menjadi inti transformator.^[14]



Gambar 2.14 Bentuk Fisik dan Simbol Tranformator^[14]

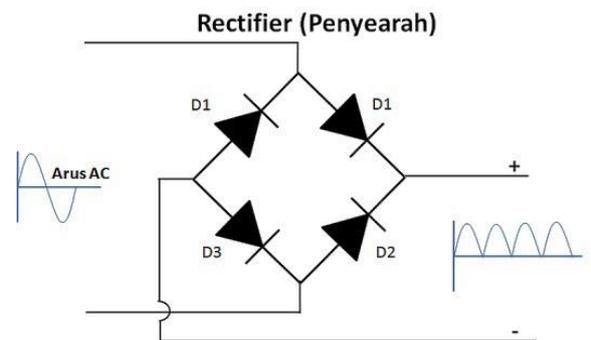
Medan magnet dan fluks akan muncul apabila kumparan primer tersebut dialiri arus AC (bolak balik). Ketika kumparan primer dialiri arus AC (bolak-balik) maka akan menimbulkan medan magnet atau fluks magnetik disekitarnya. Kekuatan Medan magnet atau fluks tersebut berbanding lurus terhadap besar arus yang mengalir pada kumparan. sehingga terjadilah fluktuasi disekitar kumparan primer. Yang menginduksi GGL dalam kumparan kedua dan terjadilah perubahan taraf tegangan sesuai dengan taraf transformator tersebut. Inti besi pada transformator terdiri dari beberapa lempengan lempengan besi berisolasi dengan bentuk berbeda yang kemudian ditempel secara berlapis untuk mempermudah mengalirnya fluks magnet dan juga untuk peredam suhu panas yang timbul.^[14]



Gambar 2.15 *Fluks* Magnet pada Transformator^[14]

b. Rangkaian Penyearah

Rangkaian penyearah atau dikenal sebagai *Rectifier* merupakan rangkaian yang berfungsi untuk menyearahkan gelombang AC menjadi gelombang DC dengan *ripple*. Penyearah tersebut terdiri dari empat buah diode yang disusun sedemikian rupa (membentuk jembatan) yang bekerja menyearahkan gelombang penuh yang terdiri dua siklus (positif dan negatif) menjadi satu bentuk siklus positif.

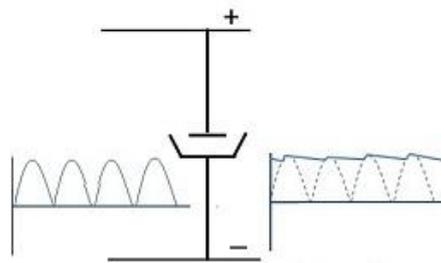


Gambar 2.16 Rangkaian Penyearah (*Rectifier*)^[15]

c. Rangkaian *Filter*

Rangkaian *filter* merupakan rangkaian yang berfungsi menyaring gelombang arus searah yang dihasilkan oleh *Rectifier* menggunakan beberapa kapasitor. Gelombang keluaran dari penyearah masih

berbentuk bukit – bukit atau *ripple* yang tinggi sehingga belum dapat dikatakan sebuah gelombang DC murni. Dengan adanya kapasitor sebagai penyaring maka jarak antar puncak gelombang yang berupa cekungan akan berkurang akibat pengisian dan pengosongan dari kapasitor tersebut, sehingga hasil keluarannya dapat mendekati gelombang DC murni.



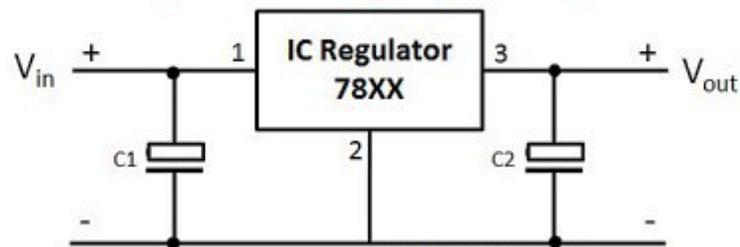
Gambar 2.17 Penyaring (*Filter*)^[15]

d. Voltage Regulator

Regulator tegangan merupakan komponen yang digunakan untuk menstabilkan tegangan setelah disearahkan. Tidak stabilnya suplai daya dapat diakibatkan oleh ketidakstabilan atau perubahan jaringan AC pada PLN sehingga diperlukannya penstabil tegangan. Rangkaian regulator tegangan dikemas secara praktis dalam wujud *Integrated Circuit* (IC), dengan besaran bervariasi sesuai dengan besar tegangan yang dibutuhkan rangkaian yang akan disuplai.

Regulator tegangan dengan kode 78XX digunakan untuk tegangan positif dan 79XX untuk tegangan negatif, dengan besar nominal tegangan tetap sesuai dengan nilai angka 2 digit terakhir (XX). Sebagai contoh, IC 7805 digunakan sebagai pembatas tegangan dengan nominal

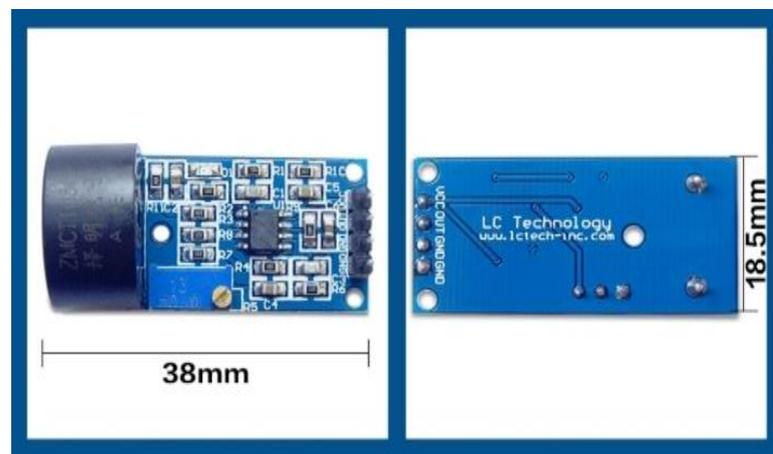
keluaran + 5 VDC dan IC 7905 digunakan sebagai pembatas tegangan dengan nominal keluaran - 5 VDC.



Gambar 2.18 Penstabil Tegangan (Regulator)^[15]

2.2.9. Sensor Arus ZMCT103C

ZMCT103C merupakan suatu sensor arus yang berbentuk sebuah transformator arus berukuran mini atau dapat dikatakan mikro. Sensor arus beroperasi sebagai sekunder tertutup daripada transformator arus dimana konduktor yang dialiri arus berfungsi sebagai arus utama. Pada sensor arus jenis CT ini, aliran arus pada konduktor yang akan diukur dianggap sebagai arus primer dengan batasan maksimum 5 A dan dilewatkan pada lubang di tengah CT. Cangkang hitam berisolasi *epoxy resin* tersebut berfungsi sebagai sekunder dari transformator arus untuk fungsi sensor arus.



Gambar 2.19 ZMCT103C^[16]

Berikut adalah spesifikasi dari sensor arus tersebut :

- Modul dapat digunakan mengukur arus sebesar 5A (AC) dengan keluaran analog 5A/5mA.
- Dimensi : 18.3 (mm) x17 (mm).
- Batas arus primer : 5 A (50/60 Hz)
- Arus primer maksimum : 20 A (50/60 Hz)
- Perbandingan rasio primer – sekunder : 1:2,500
- Perbandingan Arus : 5A:2mA
- Tahanan belitan DC pada 20 °C : 155 Ω
- Akurasi CT @ $RL \leq 10 \Omega$: 2%
- Temperature kerja : -40 to 85 °C
- Kemampuan tegangan dielektrik : 4,000 V / 1 mA / 1 sec

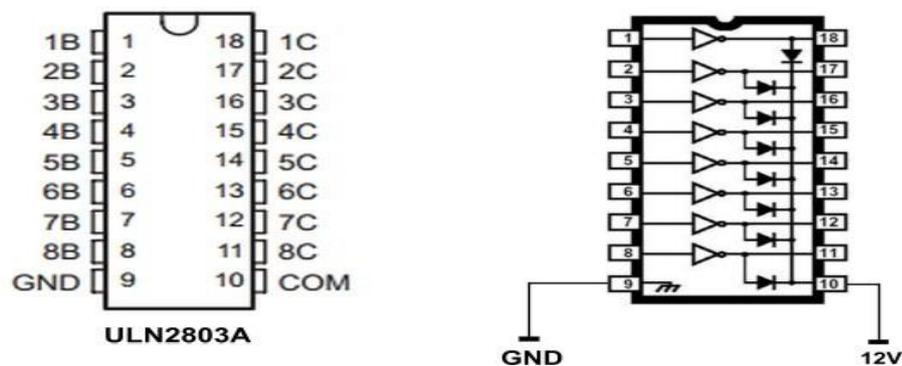
Sensor arus ZMCT103C ini memiliki 4 konfigurasi pin, yaitu sebuah pin Vcc atau *input*, dua buah pin *ground*, dan sebuah pin output. Sensor arus ini memiliki rangkaian *Operational Amplifier* yang terpasang langsung pada papan sensor tersebut (*built-in Op-Amp*). Rangkaian *Op-Amp* tersebut terdiri dari 10 buah resistor, sebuah resistor variabel, 6 buah kapasitor, sebuah diode, serta IC *Op-Amp* itu sendiri.

2.2.10. Driver Relay ULN2803

Driver relay merupakan komponen yang digunakan sebagai penghubung antara *relay* dengan mikrokontroller. *Driver relay* ini memiliki tegangan kerja yang disesuaikan dengan kebutuhan suplai untuk mengaktifkan kumparan pada *relay*. *Driver relay* bekerja dengan inputan sinyal rendah yang berasal dari

mikrokontroller yang kemudian akan membuat IC tersebut bekerja dan *relay* dapat bekerja apabila telah dihubungkan.

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. ^[17] Berikut adalah gambar dari IC ULN2803A yang terdiri dari pasangan transistor.



Gambar 2.20 Pin-out Diagram ULN2803^[17]

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.^[17]

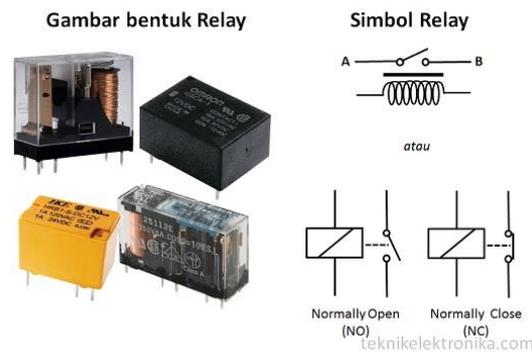
2.2.11. Relay 12 VDC

Relay adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *Electromechanical* (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (*Coil*) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/*Switch*). *Relay* menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan *Relay*

yang menggunakan Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan *Armature Relay* (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A.^[18]

Relay dikenal sebagai komponen yang dapat mengimplementasikan logika *switching*. *Relay* yang paling sederhana adalah *relay* elektromekanis yang memberikan pergerakan mekanis saat mendapatkan energi listrik. Secara sederhana *relay* elektromekanis ini didefinisikan sebagai berikut:

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



Gambar 2.21 Bentuk fisik dan skema *Relay*^[18]

Secara umum, *relay* digunakan untuk memenuhi fungsi – fungsi berikut:

1. *Remote control*: dapat menyalakan atau mematikan alat dari jarak jauh.
2. Penguatan daya : menguatkan arus atau tegangan Contoh : *starting relay* pada mesin mobil.
3. Pengatur logika kontrol suatu sistem.