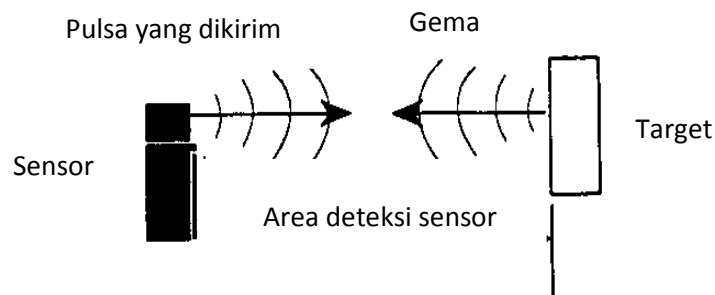


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang memanfaatkan pancaran gelombang ultrasonik. Sensor ultrasonik ini terdiri dari rangkaian pemancar gelombang ultrasonik (*transmitter*) dan rangkaian penerima gelombang ultrasonik (*receiver*). Gelombang ultrasonik merupakan gelombang akustik yang frekuensi mulai 20 kHz hingga sekitar 20 MHz. Gelombang pulsa yang dipancarkan *transmitter* akan berbentuk gelombang kerucut. Hal ini mengakibatkan jarak antara sensor dan benda yang diukur berpengaruh pada luas area deteksi sensor. Pulsa ini ditujukan ke target dan pulsa yang dipantulkan oleh target akan dideteksi sebagai gema. Sensor akan mengukur waktu jeda antara *transmitter* mengirim pulsa dan *receiver* menerima gema. Proses ini ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Cara kerja sensor ultrasonik
(Datasheet sensor ultrasonic Honeywell)

Secara matematis besarnya jarak dapat dihitung sebagai berikut:

$$s = \frac{v \cdot t}{2} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

s = jarak (meter),

v = kecepatan gelombang suara (344 m/detik)

t = waktu tempuh (detik)

Sensor ultrasonik dapat mendeteksi benda apapun yang berada pada area deteksi sensor tanpa membedakan bentuk, warna, dan tekstur benda tersebut. Hal



ini yang mengakibatkan sensor ini bisa mendeteksi benda dari air hingga ban karet. Sensor ini dapat mendeteksi benda secara berulang-ulang dengan akurasi yang tetap sama dan dapat bekerja ditempat yang sulit seperti tempat yang berdebu, berasap atau bising dengan perawatan yang teratur.

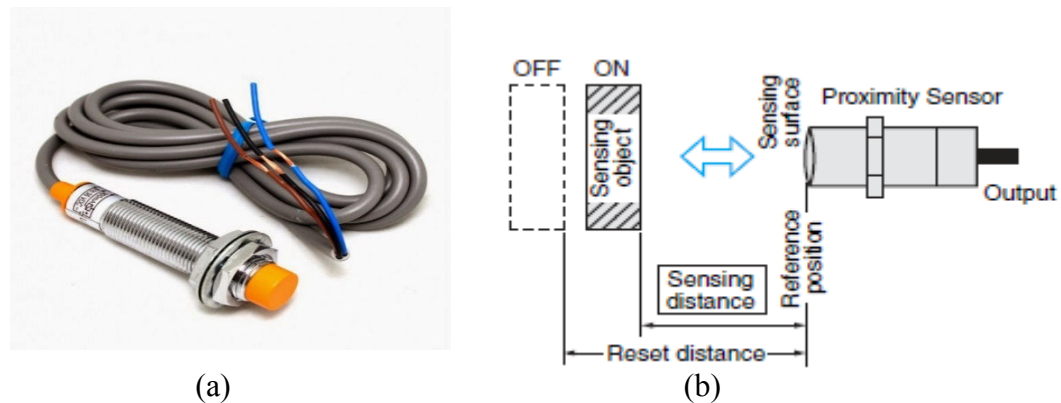
Dalam pembuatan laporan akhir ini, sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur ketinggian air berada didalam bak penampungan. Sensor akan mengirim data ketinggian air yang ke PLC untuk diolah lagi.

2.2 Sensor *Proximity*

Sensor *proximity* merupakan suatu sensor atau saklar yang mendeteksi adanya target (jenis logam) dengan tanpa adanya kontak fisik, sensor jenis ini biasanya terdiri dari alat elektronis *solid-state* yang terbungkus rapat untuk melindunginya dari pengaruh getaran, cairan, kimiawi, dan korosif yang berlebihan. Sensor ini dapat diaplikasikan pada kondisi penginderaan pada objek yang dianggap terlalu kecil/lunak untuk menggerakkan suatu mekanis saklar. Ada beberapa klasifikasi sensor proximity yang ada, di antaranya yaitu:

- Induktif yaitu memakai 2 lempeng dengan 1 bagian lempeng pembuat medan dari sistem induksi. Bila objek mendekat maka medan akan dipantulkan dan menghasilkan induktansi tertentu sesuai jaraknya. Objek yang dideteksi umumnya dari metal dan respon frekuensi *switch* umumnya tinggi.
- Kapasitif yaitu memakai sistem 2 lempeng dan dialiri suatu frekuensi. Bila obyek mendekat diantara lempeng tersebut maka akan timbul kapasitansi dengan nilai sesuai jarak obyek. Obyek yang dapat dideteksi bisa dari metal atau nonmetal seperti cairan, tepung dan plastic. Respon frekuensi *switch* ini rendah tetapi memiliki stabilitas tinggi. Ketika akan memasang, faktor lingkungan juga ditentukan. Harga jenis ini lebih mahal dan jarak sensingnya bisa diatur.
- Magnetik yaitu memakai magnet permanen sebagai pemancar medan magnet. Obyek yang mendekat akan memantulkan medan magnet ke keping berikutnya. Harganya sangat mahal dan saklarnya dapat digunakan dengan range tegangan yang lebar. Keluarannya dibuat dari kontak *relay*. (https://www.academia.edu/10156601/makalah_proximity, 2016)

Dalam pembuatan laporan akhir ini, sensor *proximity* digunakan untuk menghitung banyak putaran motor. Untuk mengetahui banyak putaran motor, sensor *proximity* akan menjadi input *counter* yang terdapat di PLC. Banyak putaran motor akan sebanding dengan banyak siklus yang dihitung oleh *counter*. Bentuk sensor *proximity* beserta cara kerjanya ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. a Sensor *Proximity*

b Prinsip kerja sensor *proximity*

(https://www.academia.edu/10156601/makalah_proximity, 2016)

2.3 *Programmable Logic Controller (PLC)*

Programmable Logic Controller merupakan suatu bentuk khusus pengontrol berbasis *microprocessor* yang memanfaatkan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi – instruksi dan untuk mengimplementasikan fungsi – fungsi semisal logika, *sequencing*, pewaktu (*timing*), pencacahan (*counting*) dan aritmatika berguna mengontrol mesin – mesin dan proses – proses serta dirancang untuk dioperasikan oleh para insinyur yang hanya memiliki sedikit pengetahuan mengenai komputer dan bahasa pemrograman. Sebagian besar industri telah menerapkan sistem otomatis dalam proses produksi. Pada umumnya sistem otomatis yang diterapkan terdiri dari atas dua metode yaitu otomatisasi berbasis control *relay* dan otomatisasi berbasis *Programmable Logic Controller (PLC)*. Otomatisasi berbasis *relay* banyak digunakan pada mesin – mesin yang memiliki urutan – urutan (*sekuens*) yang sederhana, sedangkan otomatisasi PLC dapat memiliki *sekuens* yang lebih kompleks dari *relay*. Otomatisasi berbasis PLC dapat diintegrasikan dengan



sistem *monitoring*. Sistem *monitoring* berbasis PLC adalah suatu sistem yang berguna untuk mengontrol proses suatu kerja tertentu, dimana parameter atau *inputan* data diambil dan diolah oleh *Personal Computer* (PC) dan melalui sebuah program tertentu. Pada umumnya, sebuah sistem PLC memiliki lima komponen dasar, antara lain:

1. Unit *processor* atau *Central Processing Unit* (CPU) adalah unit yang berisi mikroprosesor yang menginterpretasikan sinyal – sinyal *input* dan melaksanakan pengontrolan, sesuai dengan program yang disimpan di dalam memori, lalu mengkomunikasikan keputusan – keputusan yang diambilnya sebagai sinyal – sinyal kontrol ke *interface output*.
2. Unit catu daya diperlukan untuk mengkonversi tegangan sumber menjadi tegangan rendah DC (5V dan 24V) yang dibutuhkan oleh *processor* dan rangkaian - rangkaian di dalam modul – modul antarmuka *input* dan *output*.
3. Perangkat pemrograman dipergunakan untuk memasukan program yang dibutuhkan ke dalam memori. PLC sekarang kebanyakan sudah menggunakan *software* untuk memasukan program yang dibuat ke dalam PLC.
4. Unit memori adalah tempat program yang digunakan untuk melaksanakan tindakan - tindakan pengontrolan oleh mikroprosesor disimpan.
5. Bagian *input* dan *output* adalah antarmuka dimana *processor* menerima informasi dari dan mengkonsumsi informasi kontrol ke perangkat – perangkat eksternal. Sinyal – sinyal *input* dapat berasal dari saklar – saklar serta sensor – sensor. Ada dua tipe I/O pada PLC yaitu I/O *digital* dan I/O *analog*. Pada I/O *digital*, *input* dan *output* – nya dapat menerima dan menghasilkan sinyal *digital* yang berbentuk *biner* ‘1’ dan ‘0’ atau kondisi *on – off*. Sedangkan, pada I/O *analog*, *input* atau *output analognya* dapat menerima dan menghasilkan sinyal *analog* yang tidak hanya *on – off* saja (Firmansyah, 2016: 14).

2.3.1 *Ladder Diagram*

Ladder diagram (diagram tangga) ialah bahasa pemrograman PLC dengan menggunakan simbol-simbol untuk menggambarkan kontak-kontak (*switches*) dan piranti-piranti keluaran (*output devices*) guna menggambarkan operasi suatu

sistem. Penyajian berbentuk diagram (*graphical*) diinterpretasikan oleh piranti pemrograman ke dalam bahasa yang dapat di baca oleh PLC *processor*.

Ladder diagram dipilih karena program ini mudah dipahami dan telah lama digunakan untuk program PLC baik di industri maupun di perkuliahan. Simbol-simbol yang menggambarkan operasi sirkuit disusun sesuai dengan urutan operasinya, yaitu piranti masukan (*input devices*) seperti *switch* dan sensor diletakkan di bagian kiri dan piranti keluaran untuk aktuator di bagian kanan. *Address* atau alamat yang berupa angka-angka atau huruf atau gabungannya ditulis di atas setiap simbol.

Sebuah diagram tangga atau *ladder diagram* terdiri dari sebuah garis menurun ke bawah pada sisi kiri dengan garis-garis bercabang ke kanan. Garis yang ada di sebelah sisi kiri disebut sebagai palang bus (*bus bar*), sedangkan garis-garis cabang (*the branching lines*) adalah baris instruksi atau anak tangga. Sepanjang garis instruksi ditempatkan berbagai macam kondisi yang terhubung ke instruksi lain di sisi kanan. Kombinasi logika dari kondisi-kondisi tersebut menyatakan kapan dan bagaimana instruksi yang ada di sisi kanan tersebut dikerjakan. (<http://www.slideshare.net/satriyarizkiyanto/ladder-diagram>, 2017)

Pada pemrograman PLC dengan *ladder diagram* terdapat beberapa fungsi pemrograman yang dapat digunakan, fungsi-fungsinya yaitu:

- LOAD (LD) dan LOAD NOT (LD NOT)

Kondisi pertama yang mengawali sembarang blok logika di dalam diagram tangga berkaitan dengan instruksi LOAD (LD) atau LOAD NOT (LD NOT). Contoh instruksi ini ditunjukkan pada gambar 2.3.



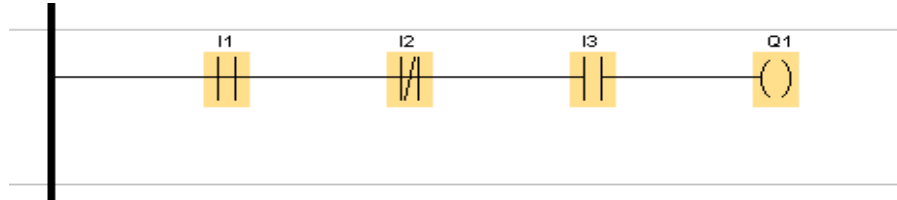
Gambar 2.3 Contoh Penggunaan Instruksi LD dan LD NOT

(Saputra, 2016)

- AND dan AND NOT

Kondisi menciptakan logika gerbang AND atau AND NOT dengan

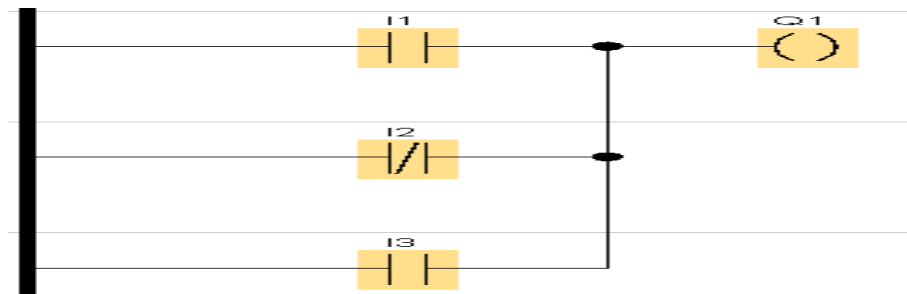
memanfaatkan intruksi LD atau LD NOT. Contoh instruksi ini ditunjukkan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Contoh Penggunaan Instruksi AND dan AND NOT
(Saputra, 2016)

– OR dan OR NOT

Jika dua atau lebih kondisi yang dihubungkan paralel, artinya dalam garis instruksi yang berbeda kemudian bergabung lagi dalam satu garis instruksi yang sama maka kondisi pertama terkait dengan instruksi LD dan LD NOT dan sisanya berkaitan dengan instruksi OR dan OR NOT. Contoh instruksi ini ditunjukkan pada gambar 2.5.

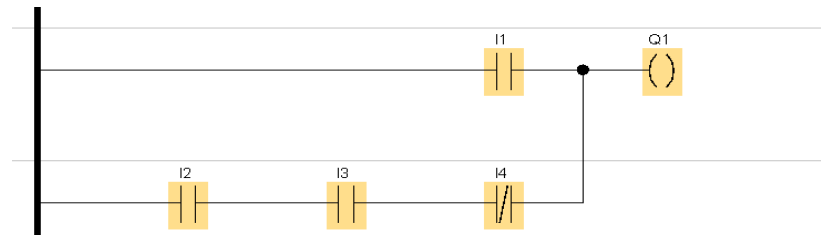


Gambar 2.5 Contoh Penggunaan Instruksi OR dan OR NOT
(Saputra, 2016)

– Kombinasi instruksi AND dan OR

Jika instruksi AND dan OR digabung atau dikombinasikan dalam suatu rangkaian tangga yang kompleks maka bisa dipandang satu persatu, artinya bisa dilihat masing-masing hasil gabungan dua kondisi menggunakan instruksi AND atau OR secara sendiri-sendiri kemudian menggabungkannya menjadi satu kondisi menggunakan instruksi AND atau OR yang terakhir. Gambar 2.6 menunjukkan contoh diagram tangga

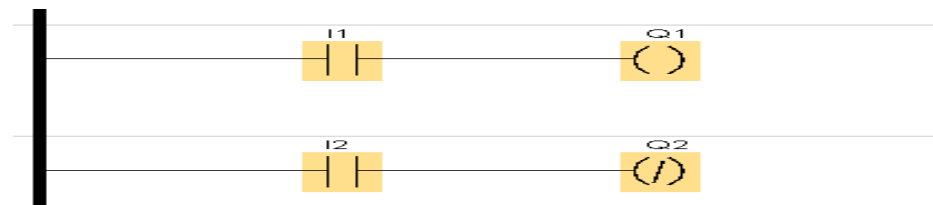
yang mengimplementasikan cara seperti tersebut di atas.



Gambar 2.6 Contoh Penggabungan Instruksi AND dan OR

(Saputra, 2016)

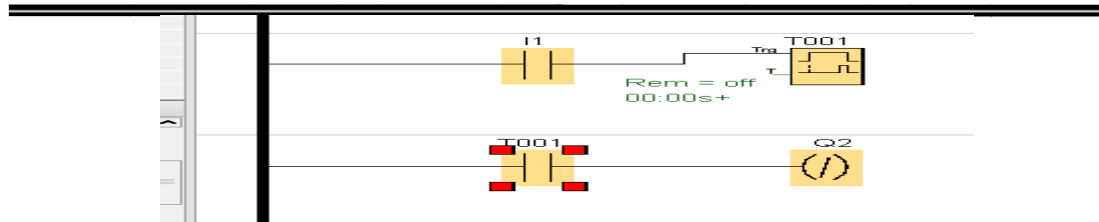
- Instruksi OUTPUT (OUT) dan OUTPUT NOT (OUT NOT)
Instruksi ini digunakan untuk mengontrol operan yang berkaitan dengan kondisi eksekusi (apakah ON atau OFF). Dengan menggunakan instruksi OUT, maka bit operan akan menjadi ON jika kondisi eksekusinya juga ON, sedangkan OUT NOT akan menyebabkan bit operan menjadi ON jika kondisi eksekusinya OFF. Gambar 2.7 memperlihatkan contoh implementasi kedua instruksi tersebut.



Gambar 2.7 Contoh Penggunaan Instruksi OUT dan OUT NOT

(Saputra, 2016)

- Instruksi TIMER (TIM)
Instruksi TIM dapat digunakan sebagai timer (pewaktu) ON-delay pada rangkaian relai. Gambar 2.8 memperlihatkan contoh penggunaan instruksi TIM. Instruksi TIM membutuhkan angka timer (N), dan nilai set (SV) antara 0000 sampai 9999 (artinya 000,0 sampai 999,9 detik).

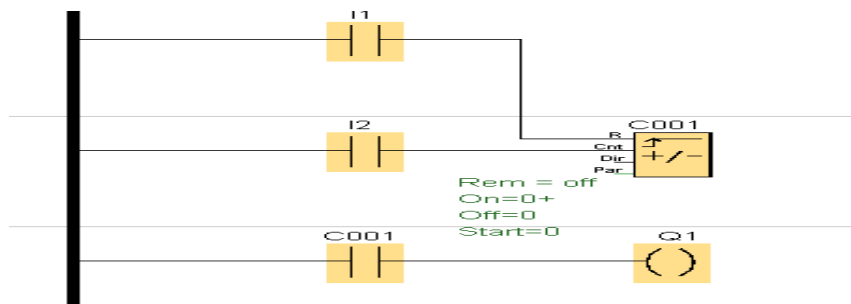


Gambar 2.8 Contoh Penggunaan Instruksi TIMER (TIM)

(Saputra, 2016)

- Instruksi COUNTER (CNT)

CNT yang digunakan di sini adalah counter penurunan yang diset awal. Penurunan satu hitungan setiap kali saat sebuah sinyal berubah dari OFF ke ON. Counter harus dihubungkan ke input hitung, input reset, angka counter, dan nilai set (SV) Nilai set ini berkisar 0 sampai 9999. Gambar 2.9 memperlihatkan contoh penggunaan instruksi CNT. (Saputra, 2016:14-27)



Gambar 2.9 Contoh Penggunaan Instruksi COUNTER (CNT)

(Saputra, 2016)

2.4 Pengertian SCADA

SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) dapat didefinisikan secara sederhana dari kepanjangan SCADA itu sendiri:

- S : *Supervisory* - Pengawasan
 C : *Control* - Pengendali
 ADA : *And Data Acquisition* - Akuisisi Data

Jadi secara sederhana sistem SCADA ialah sistem yang dapat melakukan pengawasan, pengendali dan akuisisi data terhadap sebuah *plant*. Definisi yang lebih formal diberikan oleh NIST (*National Institute Of Standards and Technology*) ialah :



“Sistem terdistribusi yang digunakan untuk mengendalikan aset – aset yang terbesar secara geografis, sering terpisah ribuan kilometer persegi, dimana kontrol dan akuisisi data terpusat sangat penting bagi operasi sistem”.

Menurut NIST, sistem SCADA banyak digunakan pada sistem terdistribusi seperti : “*Water distribution and wastewater collection systems, oil and gas pipelines, electrical power grids, dan railway transportation systems.* (Wicaksono, 2012 : 5).

Dalam *terminology control, supervisory control* sering mengacu pada kontrol yang tidak langsung, namun lebih pada fungsi koordinasi dan pengawasan. Dengan kata lain, pengendali utama tetap dipegang oleh PLC (pengendali lainnya) sedangkan kontrol pada SCADA hanya bersifat koordinasi dan sekunder.

2.4.1 Arsitektur Sistem SCADA

Arsitektur dasar dari sebuah sistem SCADA dapat dilihat pada gambar 2.10. Berikut ini penjelasan dari masing – masing bagiannya :

a. Operator

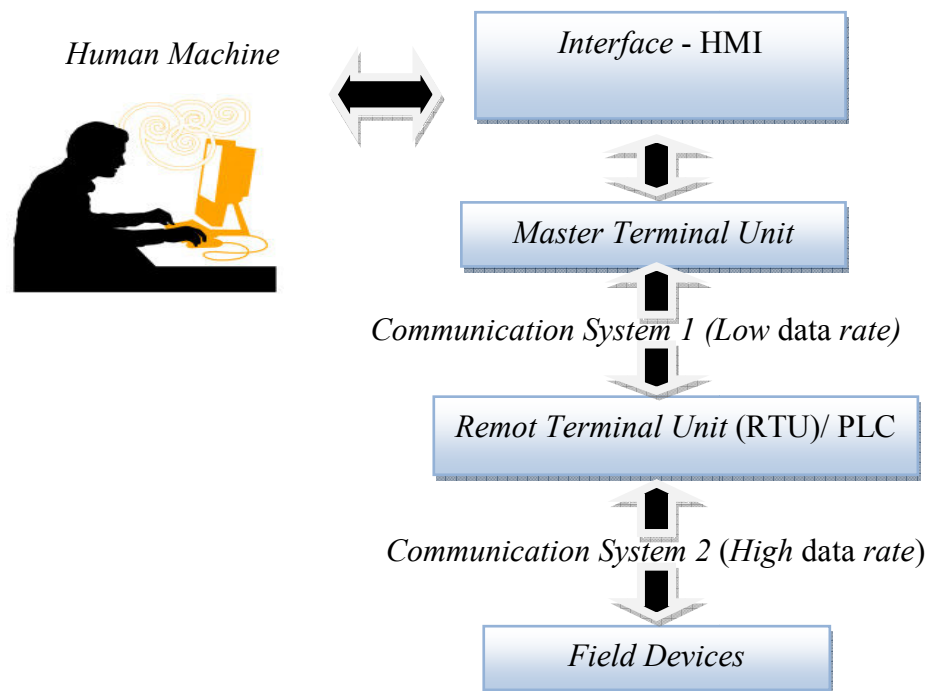
Operator manusia mengawasi sistem SCADA dan melakukan fungsi *supervisory control* untuk operasi *plant* jarak jauh.

b. Human Machine Interfaces (HMI)

HMI menampilkan data pada operator dan menyediakan *input* kontrol bagi operator dalam berbagai bentuk, termasuk grafik, skematik, jendela, menu *pull-down, touch screen*, dan lain sebagainya.

c. Master Terminal Unit (MTU)

MTU merupakan unit *master* pada arsitektur *master/slave*. MTU berfungsi menampilkan data pada operator melalui HMI, mengumpulkan data dari tempat yang jauh, dan mengirimkan sinyal kontrol ke *plant* yang berjauhan.



Gambar 2.10 Arsitektur Sistem SCADA Umum

(Wicaksono, 2012)

Berikut ini fungsi dasar dari suatu MTU :

- **Input/Output Task** : *interface* sistem SCADA dengan peralatan di *plant*.
- **Alarm Task** : mengatur semua tipe *alarm*.
- **Trends Task** : mengumpulkan data *plant* setiap waktu dan menggambarkan dalam grafik .
- **Report Task** : memberikan laporan yang bersumber dari data *plant*;
- **Display Task** : menampilkan data yang diawasi dan dikontrol operator.

d. **Communication System**

Sistem komunikasi antara MTU – RTU ataupun antara RTU – *Field device* diantaranya berupa :

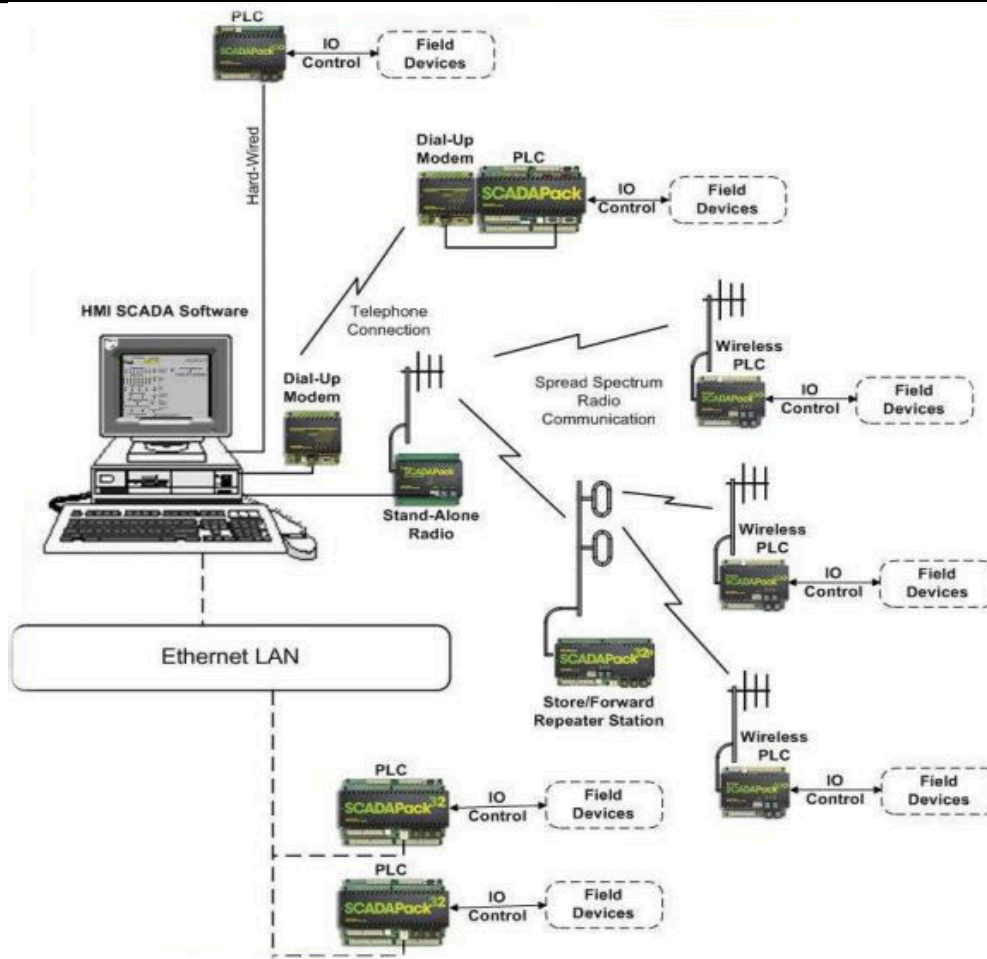
- RS 232
- *Private Network (LAN/RS-485)*
- *Switched Telephone Network*



- *Leased Line*
- Internet
- *Wireless Communication System*
 - *Wireless LAN*
 - *GSM Network*
 - *Radio modems*

e. ***Remote Terminal Unit (RTU)***

RTU merupakan unit *slave* pada arsitektur *master/slave*. RTU mengirimkan sinyal kontrol pada peralatan yang dikendalikan, mengambil data dari peralatan tersebut, dan mengirimkan data tersebut ke MTU. Kecepatan pengiriman data antara RTU dan alat yang dikontrol relatif tinggi dan metode kontrol yang digunakan umumnya *closed loop*. Sebuah RTU mungkin saja digantikan oleh *Programmable Logic Controller (PLC)*.



Gambar 2.11 Variasi Komunikasi Data Pada Sistem SCADA

(Wicaksono, 2012)

f. Field Device

Merupakan *plant* di lapangan yang terdiri dari objek yang memiliki berbagai sensor dan aktuator. Nilai sensor dan aktuator inilah yang umumnya diawasi dan dikendalikan agar sesuai yang diinginkan pengguna (Wicaksono, 2012 : 7 – 11).

2.4.2 Jenis – Jenis Sistem SCADA

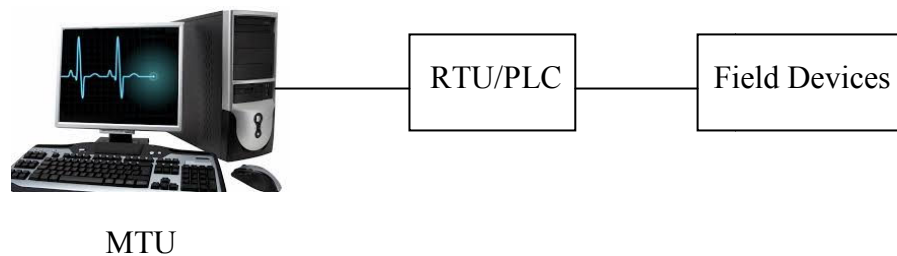
Menurut skala sistem keseluruhan, sistem SCADA dapat dibedakan menjadi:

1. SCADA Dasar

SCADA dasar ini umumnya hanya terdiri dari sebuah RTU/PLC saja yang digunakan untuk mengendalikan suatu *plant* dengan berbagai *field device*. Jumlah MTU yang digunakan juga hanya satu buah. Gambar 2.12 menunjukkan contoh SCADA dasar.

Contoh :

- *Car manufacturing robot*
- *Room temperature control*
- *Water Level Control*



Gambar 2.12 SCADA Dasar

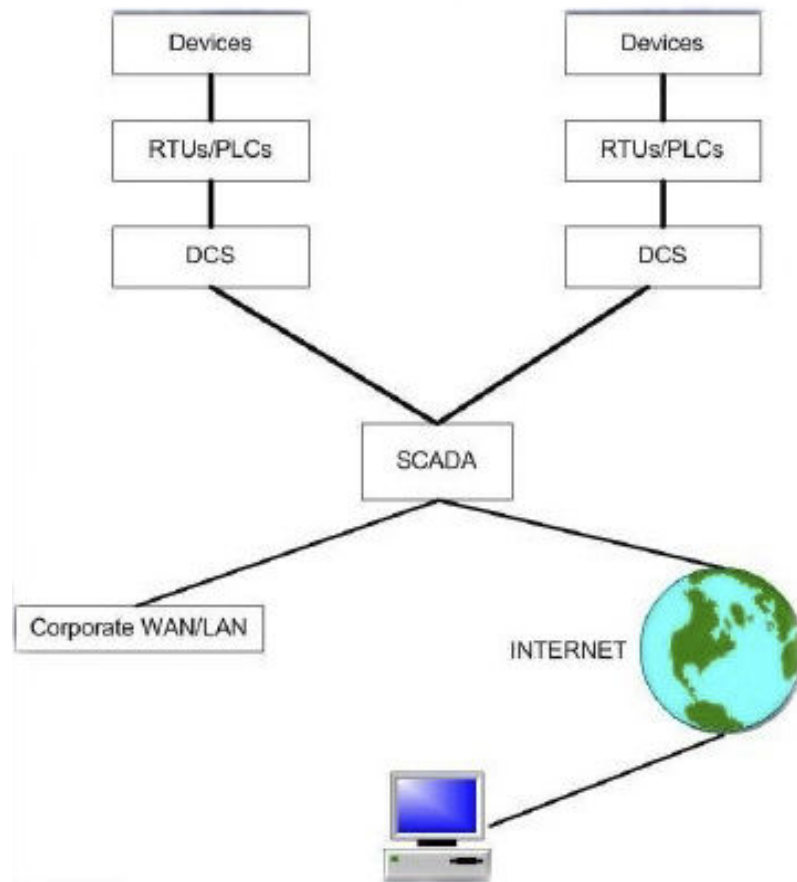
(Wicaksono, 2012)

2. *Integrated SCADA*

Sistem ini terdiri dari beberapa PLC/RTU yang terhubung dengan beberapa *Distributed Control System* (DCS), namun hanya menggunakan 1 MTU. MTU ini dapat terhubung dengan komputer lain melalui LAN, WAN ataupun internet. Gambar 2.13 menunjukkan blok sederhananya.

Contoh :

- *Water systems*
- *Subway systems*
- *Security systems*

Gambar 2.13 *Integrated SCADA*

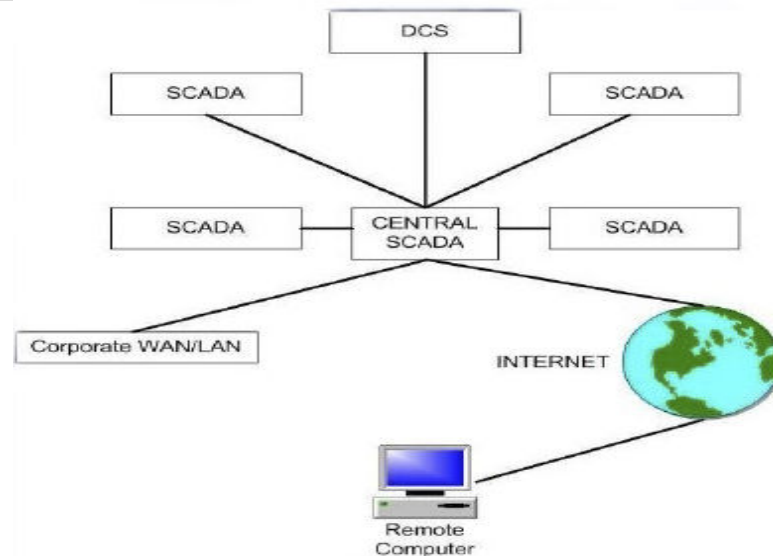
(Wicaksono, 2012)

3. Networked SCADA

Sistem ini memiliki lebih dari 1 MTU yang saling terhubung. Ada 1 MTU pusat sebagai koordinator dari sistem – sistem yang lain. MTU pusat ini juga dapat terhubung dengan dunia luar melalui LAN, WAN, maupun internet. Blok sederhana dapat dilihat pada Gambar 2.14.

Contoh :

- *Power systems*
- *Communication systems*

Gambar 2.14 *Networked SCADA*

(Wicaksono, 2012).

2.6 *Relay*

Relay adalah suatu piranti yang bekerja berdasarkan elektromagnetik untuk menggerakkan sejumlah kontaktor (saklar) yang tersusun. *Relay* akan tertutup (*On*) atau terbuka (*Off*) karena efek induksi magnet yang dihasilkan kumparan (induktor) ketika dialiri arus listrik. Berbeda dengan saklar dimana pergerakan *Relay* (*On/Off*) dilakukan manual tanpa perlu arus listrik.

Sebagai komponen elektronika, *relay* mempunyai peran penting dalam sebuah sistem rangkaian elektronika dan rangkaian listrik untuk menggerakkan sebuah perangkat yang memerlukan arus besar tanpa terhubung langsung dengan perangkat pengendali yang mempunyai arus kecil. Dengan demikian *relay* dapat berfungsi sebagai pengaman.

Ada beberapa jenis *relay* berdasarkan cara kerjanya yaitu:

- *Normaly On* : Kondisi awal kontaktor tertutup (*On*) dan akan terbuka (*Off*) jika *relay* diaktifkan dengan cara memberi arus yang sesuai pada kumparan (*coil*) *relay*. Istilah lain kondisi ini adalah *Normaly Close* (NC).
- *Normaly Off* : Kondisi awal kontaktor terbuka (*Off*) dan akan tertutup jika *relay* diaktifkan dengan cara memberi arus yang sesuai pada kumparan (*coil*) *relay*. Istilah lain kondisi ini adalah *Normaly Open* (NO).
- *Change-Over* (CO) atau *Double-Throw* (DT) : *Relay* jenis ini memiliki dua



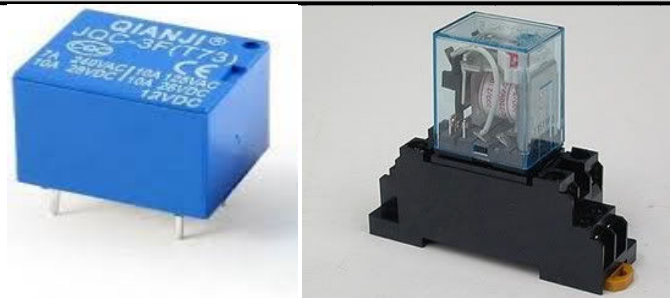
pasang terminal dengan dua kondisi yaitu *Normaly Open* (NO) dan *Normaly Close* (NC).

Selain itu, seperti saklar, *relay* juga dibedakan berdasar *pole* dan *throw* yang dimilikinya. *Pole* adalah banyaknya kontak yang dimiliki oleh *relay*. Sedangkan *throw* adalah banyaknya kondisi (*state*) yang mungkin dimiliki kontak. Berikut ini penggolongan *relay* berdasar jumlah *pole* dan *throw* atau disebut juga sebagai simbol *relay*.

- SPST (*Single Pole Single Throw*) : *Relay* ini memiliki empat terminal yaitu, dua terminal kumparan atau koil dan dua terminal saklar (A dan B) yang dapat terhubung dan terputus.
- SPDT (*Single Pole Double Pole*) : *Relay* ini memiliki lima terminal, yaitu dua terminal kumparan atau koil dan tiga terminal saklar (A,B, dan C) yang dapat terhubung dan terputus dengan satu terminal pusat. Jika suatu saat terminal (misal A) terputus dengan terminal pusat (C) maka terminal lain (B) terhubung dengan terminal pusat tersebut (C), demikian juga sebaliknya.
- DPST (*Double Pole Single Throw*) : *Relay* ini mempunyai enam terminal, yaitu dua terminal kumparan atau koil dan empat terminal, merupakan dua pasang saklar yang dapat terhubung dan terputus (A1 dan B1 serta A2 dan B2).
- DPDT (*Double pole Double Throw*) : *Relay* ini mempunyai delapan terminal, yaitu dua terminal kumparan atau koil, enam terminal merupakan dua set saklar yang dapat terputus dan terhubung (A1,B1,C1 dan A2, B2, C2).

(Saputra, 2016: 31-32).

Relay yang digunakan pada pembuatan alat laporan akhir ini adalah *relay* SPDT dan DPDT. Bentuk komponen *relay* SPDT dan DPDT beserta simbolnya ditunjukkan pada gambar 2.15.

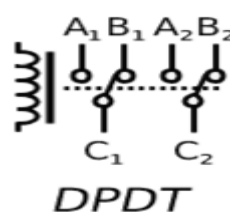


(a)

(b)



(c)



(d)

Gambar 2.15 a. Relay SPDT

b. Relay DPDT

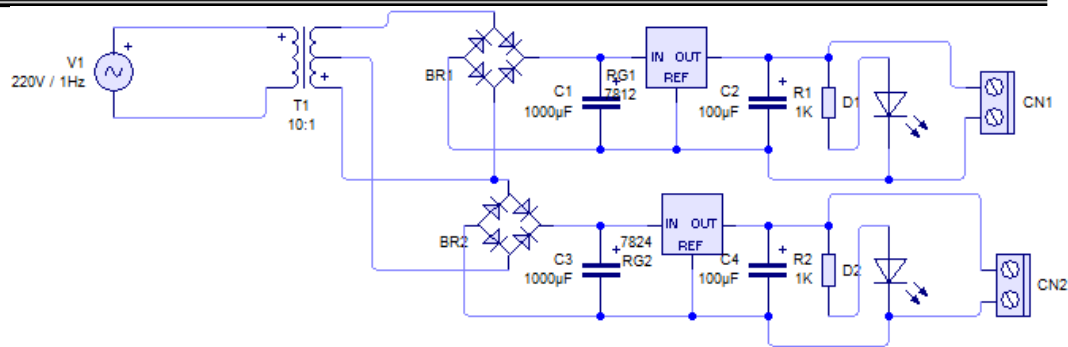
c. Simbol Relay SPDT d. Simbol Relay DPDT

(Saputra, 2016)

2.7 Power Supply

Power Supply adalah referensi ke sumber daya listrik. Perangkat atau sistem yang memasok listrik atau jenis energi ke output beban atau kelompok beban disebut *power supply* unit atau PSU. Perangkat elektronika mestinya dicatu oleh *supply* arus searah DC (*Direct Current*) yang stabil agar dapat bekerja dengan baik. Sumber catu daya yang besar adalah sumber bolak – bolak AC (*Alternating Current*) dari pembangkit tenaga listrik. Untuk itu diperlukan suatu perangkat catu daya yang dapat mengubah arus AC menjadi DC (Firmansyah, 2016 : 27).

Dalam pembuatan laporan akhir ini, digunakan dua buah *power supply*. *Power Supply* ini dibedakan berdasarkan tegangan yang dihasilkannya, yaitu *power supply* 12 V yang digunakan sebagai pemasok listrik untuk sensor *proximity*, *relay* dan PLC dan *power supply* 24 V untuk memasok listrik untuk sensor ultrasonik. Rangkaian *power supply* yang digunakan ditunjukkan pada gambar 2.16.

Gambar 2.16. Skematik *Power Supply*.

(Wijanarko, 2014)

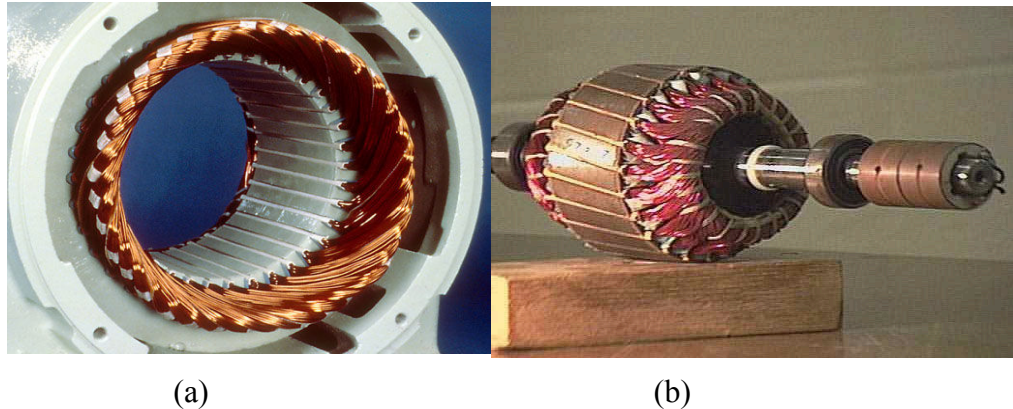
2.8 Motor Induksi Satu Fasa

Motor induksi adalah motor listrik bolak-balik (ac) yang putaran rotornya tidak sama dengan putaran medan stator, dengan kata lain putaran rotor dengan putaran medan stator terdapat selisih putaran yang disebut slip. Pada umumnya motor induksi dikenal ada dua macam berdasarkan jumlah fasa yang digunakan, yaitu: motor induksi satu fasa dan motor induksi tiga fasa. Sesuai dengan namanya motor induksi satu fasa dirancang untuk beroperasi menggunakan suplai tegangan satu fasa yaitu 220VAC.

Motor induksi satu fasa sering digunakan sebagai penggerak pada peralatan yang memerlukan daya rendah dan kecepatan yang relatif konstan. Hal ini disebabkan karena motor induksi satu fasa memiliki beberapa kelebihan yaitu konstruksi yang cukup sederhana, kecepatan putar yang hampir konstan terhadap perubahan beban, dan umumnya digunakan pada sumber listrik 220 VAC yang banyak terdapat pada peralatan domestik. Walaupun demikian motor ini juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu kapasitas pembebanan yang relatif rendah, tidak dapat melakukan pengasutan sendiri tanpa pertolongan alat bantu dan efisiensi yang rendah.

Konstruksi motor induksi satu fasa hampir sama dengan konstruksi motor induksi tiga fasa, yaitu terdiri dari dua bagian utama yaitu stator dan rotor. Keduanya merupakan rangkaian magnetik yang berbentuk silinder dan simetris. *Stator* merupakan bagian yang diam dan mempunyai kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnetik kepada kumparan *rotornya*. Motor

induksi satu fasa dilengkapi dengan dua kumparan *stator* yang dipasang terpisah, yaitu kumparan utama (*main winding*) atau kumparan berputar dan kumparan bantu (*auxiliary winding*) atau sering disebut dengan kumparan *start*. *Rotor* merupakan bagian yang bergerak akibat adanya induksi magnet dari kumparan *stator* yang diinduksikan kepada kumparan *rotor*. Bentuk *stator* dan rotor ditunjukkan pada gambar 2.17. (Muharni, 2016: 34-40)



(a)

(b)

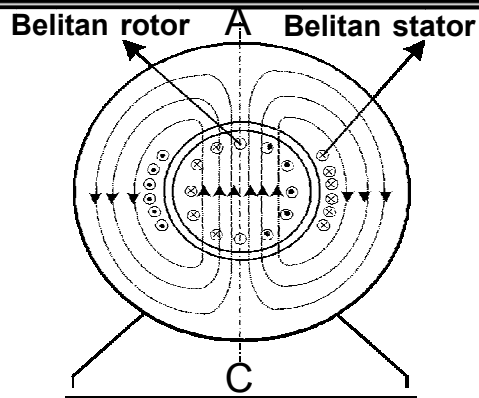
Gambar 2.17 a. Stator

b. Rotor

(Muharni, 2016)

Dalam pengerjaan laporan akhir ini, motor induksi satu fasa digunakan untuk menutup dan membuka pintu air bendungan. Motor induksi satu fasa akan bekerja berdasarkan kondisi program PLC. Karena tegangan yang digunakan motor induksi satu fasa adalah tegangan AC, digunakanlah rangkaian relay DPDT yang bekerja berdasarkan program PLC untuk mengaktifkan dan mengubah kutup kapasitor agar motor dapat bergerak maju dan mundur.

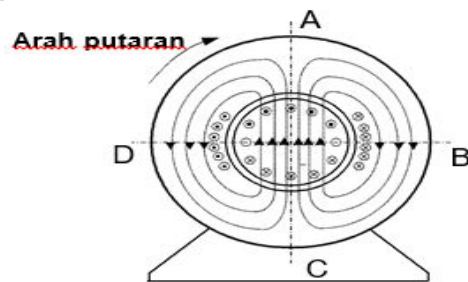
Prinsip kerja motor induksi satu fasa dapat dijelaskan dengan menggunakan teori medan putar silang (*cross-field theory*). Jika motor induksi satu fasa diberikan tegangan bolak-balik satu fasa maka arus bolak-balik akan mengalir pada kumparan stator. Arus pada kumparan stator ini menghasilkan medan magnet seperti yang di tunjukkan oleh garis putus-putus pada Gambar 2.18.



Gambar 2.18. Medan Magnet Stator Berpulsasi Sepanjang Garis AC.

(<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/33933/3/Chapter%20II.pdf>)

Arus stator yang mengalir setengah periode pertama akan membentuk kutub utara di A dan kutub selatan di C pada permukaan stator. Pada setengah periode berikutnya, arah kutub-kutub stator menjadi terbalik. Meskipun kuat medan magnet stator berubah-ubah yaitu maksimum pada saat arus maksimum dan nol pada saat arus nol serta polaritasnya terbalik secara periodik, aksi ini akan terjadi hanya sepanjang sumbu AC. Dengan demikian, medan magnet ini tidak berputar tetapi hanya merupakan sebuah medan magnet yang berpulsasi pada posisi yang tetap (stationary). Seperti halnya pada transformator, tegangan terinduksi pada belitan sekunder, dalam hal ini adalah kumparan rotor. Karena rotor dari motor induksi satu fasa pada umumnya adalah rotor sangkar dimana belitannya terhubung singkat, maka arus akan mengalir pada kumparan rotor tersebut. Sesuai dengan hukum Lenz, arah dari arus ini (seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.19) adalah sedemikian rupa sehingga medan magnet yang dihasilkan melawan medan magnet yang menghasilkannya. Arus rotor ini akan menghasilkan medan magnet rotor dan membentuk kutub-kutub pada permukaan rotor. Karena kutub-kutub ini juga berada pada sumbu AC dengan arah yang berlawanan terhadap kutub-kutub stator, maka tidak ada momen putar yang dihasilkan pada kedua arah sehingga rotor tetap diam. Dengan demikian, motor induksi satu fasa tidak dapat diasut sendiri dan membutuhkan rangkaian bantu untuk menjalankannya.

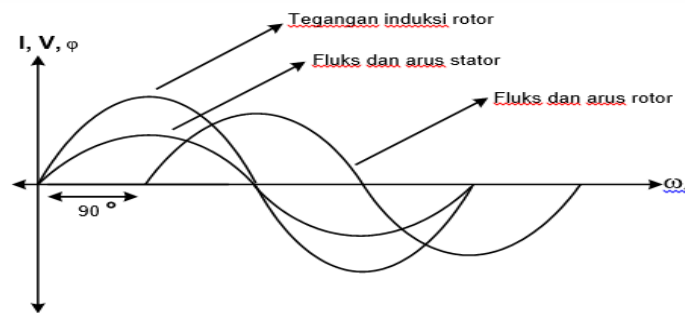


Gambar 2.19. Motor Dalam Keadaan Berputar

(<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/33933/3/Chapter%20II.pdf>)

Misalkan sekarang motor sedang berputar. Hal ini dapat dilakukan dengan memutar secara manual (dengan tangan) atau dengan rangkaian bantu. Konduktor-konduktor rotor akan memotong medan magnet stator sehingga timbul gaya gerak listrik pada konduktor-konduktor tersebut. Hal ini diperlihatkan pada Gambar 2.20 yang menunjukkan rotor sedang berputar searah jarum jam.

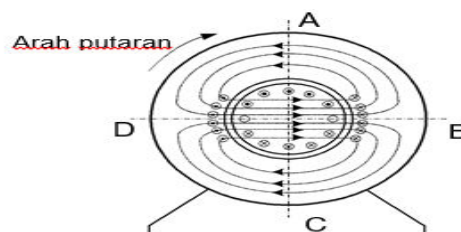
Jika fluks rotor seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.20 mengarah ke atas sesuai dengan kaidah tangan kanan Fleming, arah gaya gerak listrik (ggl) rotor akan mengarah keluar kertas pada setengah bagian atas rotor dan mengarah ke dalam kertas pada setengah bagian bawah rotor. Pada setengah periode berikutnya arah dari gaya gerak listrik yang dibangkitkan akan terbalik. Gaya gerak listrik yang diinduksikan ke rotor adalah berbeda dengan arus dan fluks stator. Karena konduktor-konduktor rotor terbuat dari bahan dengan tahanan rendah dan induktansi tinggi, maka arus rotor yang dihasilkan akan tertinggal terhadap gaya gerak listrik rotor mendekati 90° . Gambar 2.20 menunjukkan hubungan fasa dari arus dan fluks stator, gaya gerak listrik, arus dan fluks rotor.



Gambar 2.20. Fluks Rotor Tertinggal Terhadap Fluks Stator Sebesar 90°
 (<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/33933/3/Chapter%20II.pdf>)

Sesuai dengan kaidah tangan kanan Fleming, arus rotor ini akan menghasilkan medan magnet, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.21 karena medan rotor ini terpisah sebesar 90° dari medan stator, maka disebut sebagai medan silang (cross-field). Nilai maksimum dari medan ini seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.21, terjadi pada saat seperempat periode setelah gaya gerak listrik rotor yang dibangkitkan adalah telah mencapai nilai maksimumnya. Karena arus rotor yang mengalir disebabkan oleh suatu gaya gerak listrik bolak-balik maka medan magnet yang dihasilkan oleh arus ini adalah juga bolak-balik dan aksi ini terjadi sepanjang sumbu DB.

(<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/33933/3/Chapter%20II.pdf>)



Gambar 2.21. Medan Silang yang Dibangkitkan Arus Stator
 (<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/33933/3/Chapter%20II.pdf>)

Karena medan silang beraksi pada sudut 90° terhadap medan magnet stator dengan sudut fasa yang juga tertinggal 90° terhadap medan stator, kedua medan bersatu untuk membentuk sebuah medan putar resultan yang berputar dengan kecepatan sinkron.



Kinerja motor induksi bergantung pada tiga faktor yaitu daya motor, kecepatan motor dan torsi motor. Daya motor berpengaruh pada efektivitas kinerja motor, motor dapat berkerja secara maksimal jika daya yang diberikan sesuai dengan spesifikasi motor. Apabila daya yang diberikan melebihi permintaan akan menyebabkan motor cepat panas dan apabila kurang dari spesifikasi maka torsi dan kecepatan motor tidak akan maksimal.

Secara matematis, Daya motor bisa diketahui dengan menggunakan rumus dibawah ini:

$$P = V.I.\cos \varphi \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan

P = Daya (watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

$\cos \varphi$ = Faktor Daya

Motor induksi satu fasa memiliki 2 jenis kecepatan yaitu kecepatan medan putar atau kecepatan sinkron (N_s) dan kecepatan beban atau kecepatan rotor (N_r). Dalam spesifikasi, biasanya hanya dicantumkan data kecepatan rotor (N_r) karena sesuai dengan nama lainnya kecepatan ini langsung terhubung dengan beban. Terdapat perbedaan antara kecepatan sinkron dan kecepatan rotor atau yang disebut dengan *slip*. Kecepatan sinkron dan *slip* dapat diketahui dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$N_s = \frac{120.F}{P} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$SLIP = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

N_s = Kecepatan sinkron (rpm)

N_r = Kecepatan rotor (rpm)

P = banyak kutup motor

F = Frekuensi (Hz)

Selain itu, motor memiliki torsi yang akan mempengaruhi beban yang dapat dipikul oleh motor. Secara matematis, besar torsi motor bisa diketahui dengan menggunakan rumus dibawah ini :(Muchsini, 2013)



$$T = \frac{5250.HP}{n} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

T = Torsi motor (lb ft)

HP = Daya kuda motor (1 HP = 746 watt)

n = Kecepatan motor (rpm)

5250 = Konstan

