

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sensor Ultrasonik

Sensor *ultrasonic* adalah sebuah sensor yang memanfaatkan pancaran gelombang *ultrasonic*. Sensor *ultrasonic* ini terdiri dari rangkaian pemancar *ultrasonic* (*transmitter*) dan rangkaian penerima *ultrasonic* (*receiver*). Gelombang ultrasonik merupakan gelombang akustik yang memiliki frekuensi mulai 20 kHz hingga sekitar 20 MHz. Frekuensi kerja yang digunakan dalam gelombang ultrasonik bervariasi tergantung pada medium yang dilalui, mulai dari kerapatan rendah pada fasa gas, cair hingga padat. Jika gelombang ultrasonik berjalan melalui sebuah medium, Secara matematis besarnya jarak dapat dihitung sebagai berikut:

$$s = v.t/2 \dots\dots\dots(2.1)$$

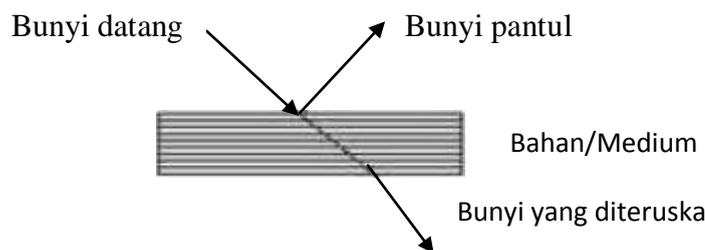
dimana:

$s$  = jarak (meter)

$v$  = kecepatan gelombang suara (344 m/detik)

$t$  = waktu tempuh (detik)

Ketika gelombang ultrasonik menumbuk suatu penghalang maka sebagian gelombang tersebut akan dipantulkan sebagian diserap dan sebagian yang lain akan diteruskan. Proses ini ditunjukkan pada gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Fenomena gelombang ultrasonik saat ada penghalang

(sumber: [www.elangsakti.com](http://www.elangsakti.com))

---

Adapun besarnya error yang terjadi pada sensor ultrasonik dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$Error = \frac{(\text{Jumlah jarak sebenarnya}) - (\text{Jumlah jarak hasil pengukuran})}{(\text{Jumlah jarak hasil pengukuran})} \times 100\% \dots\dots (2.2)$$

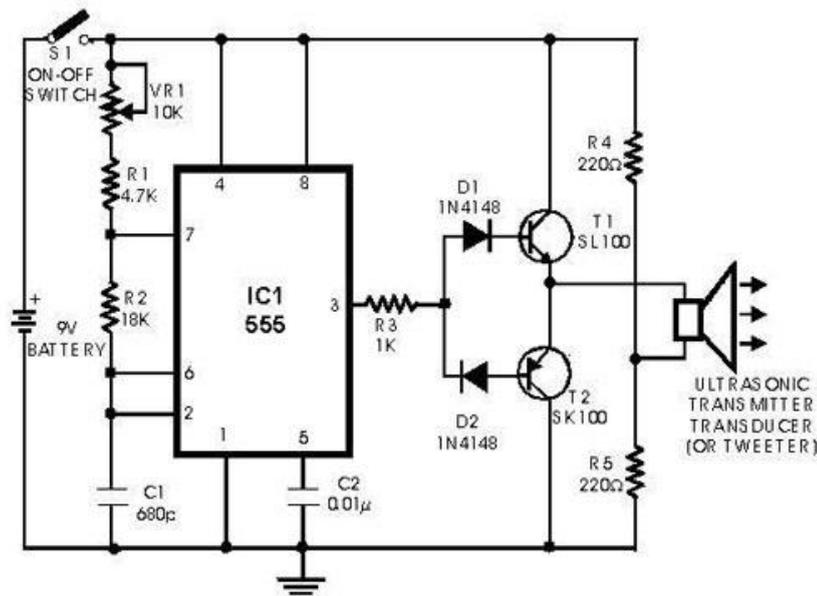
Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik. Pada sensor ini gelombang ultrasonik dibangkitkan melalui sebuah benda yang disebut piezoelektrik. Piezoelektrik ini akan menghasilkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 kHz ketika sebuah osilator diterapkan pada benda tersebut. Sensor ultrasonik secara umum digunakan untuk suatu pengungkapan tak sentuh yang beragam seperti aplikasi pengukuran jarak. Alat ini secara umum memancarkan gelombang suara ultrasonik menuju suatu target yang memantulkan balik gelombang kearah sensor. Kemudian sistem mengukur waktu yang diperlukan untuk pemancaran gelombang sampai kembali ke sensor dan menghitung jarak target dengan menggunakan kecepatan suara dalam medium. Rangkaian penyusun sensor ultrasonik ini terdiri dari *transmitter*, *reiceiver*, dan komparator. Selain itu, gelombang ultrasonik dibangkitkan oleh sebuah kristal tipis bersifat piezoelektrik. Bagian-bagian dari sensor ultrasonik adalah sebagai berikut:

**a. Piezoelektrik**

Peralatan piezoelektrik secara langsung mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Tegangan input yang digunakan menyebabkan bagian keramik meregang dan memancarkan gelombang ultrasonik. Tipe operasi transmisi elemen piezoelektrik sekitar frekuensi 32 kHz. Efisiensi lebih baik, jika frekuensi osilator diatur pada frekuensi resonansi piezoelektrik dengan sensitifitas dan efisiensi paling baik. Jika rangkaian pengukur beroperasi pada mode pulsa elemen piezoelektrik yang sama dapat digunakan sebagai *transmitter* dan *reiceiver*. Frekuensi yang ditimbulkan tergantung pada osilatornya yang disesuaikan frekuensi kerja dari masing - masing transduser. Karena kelebihanannya inilah maka tranduser piezoelektrik lebih sesuai digunakan untuk sensor ultrasonik.

### b. *Transmitter*

*Transmitter* adalah sebuah alat yang berfungsi sebagai pemancar gelombang ultrasonik dengan frekuensi sebesar 40 kHz yang dibangkitkan dari sebuah osilator. Untuk menghasilkan frekuensi 40 KHz, harus di buat sebuah rangkaian osilator dan keluaran dari osilator dilanjutkan menuju penguat sinyal. Besarnya frekuensi ditentukan oleh komponen kalang RLC / kristal tergantung dari disain osilator yang digunakan. Penguat sinyal akan memberikan sebuah sinyal listrik yang diumpankan ke piezoelektrik dan terjadi reaksi mekanik sehingga bergetar dan memancarkan gelombang yang sesuai dengan besar frekuensi pada osilator. Berikut gambar 2.2 yang merupakan rangkaian *transmitter* pada sensor ultrasonik.



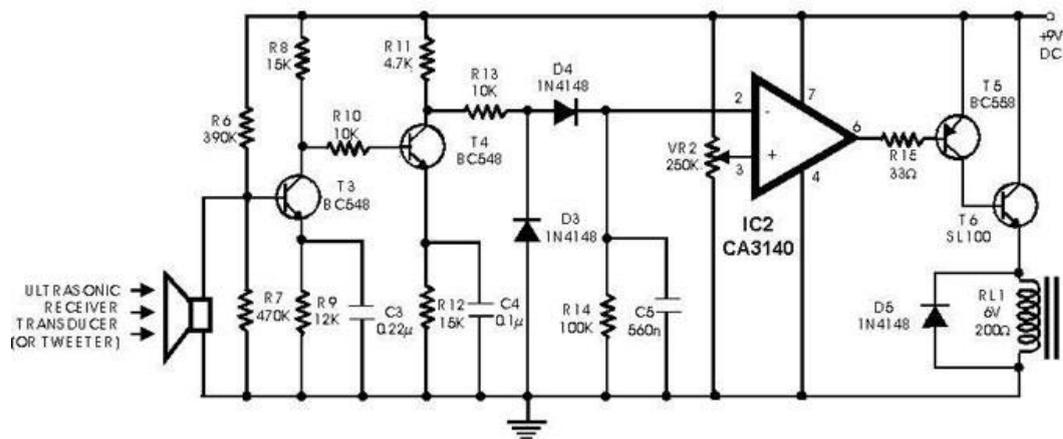
Gambar 2.2 Rangkaian *transmitter* pada sensor ultrasonik

(sumber: <http://www.elangsakti.com/2015>)

### c. *Receiver*

*Receiver* terdiri dari transduser ultrasonik menggunakan bahan piezoelektrik yang berfungsi sebagai penerima gelombang pantulan yang berasal dari transmitter yang dikenakan pada permukaan suatu benda atau gelombang langsung LOS (*Line of Sight*) dari transmitter. Oleh karena bahan piezoelektrik memiliki reaksi yang reversible, elemen keramik akan membangkitkan tegangan

listrik pada saat gelombang datang dengan frekuensi yang resonan dan akan menggetarkan bahan piezoelektrik tersebut. Berikut gambar 2.3 yang merupakan rangkaian *receiver* pada sensor ultrasonik.



Gambar 2.3 Rangkaian *receiver* pada sensor ultrasonik

(sumber: <http://www.elangsakti.com/2015>)

### 2.1.1 Sensor Ultrasonik SRF-05

SRF-05 merupakan jenis sensor pengukur jarak ultrasonik, dimana prinsip kerja sensor Ultrasonik ini adalah Pemancar (transmitter) mengirimkan seberkas gelombang ultrasonik, lalu diukur waktu yang dibutuhkan hingga datangnya pantulan dari obyek. Lamanya waktu ini sebanding dengan dua kali jarak sensor dengan obyek.

Sensor Ultrasonik srf-05 dengan spesifikasi sebagai berikut :

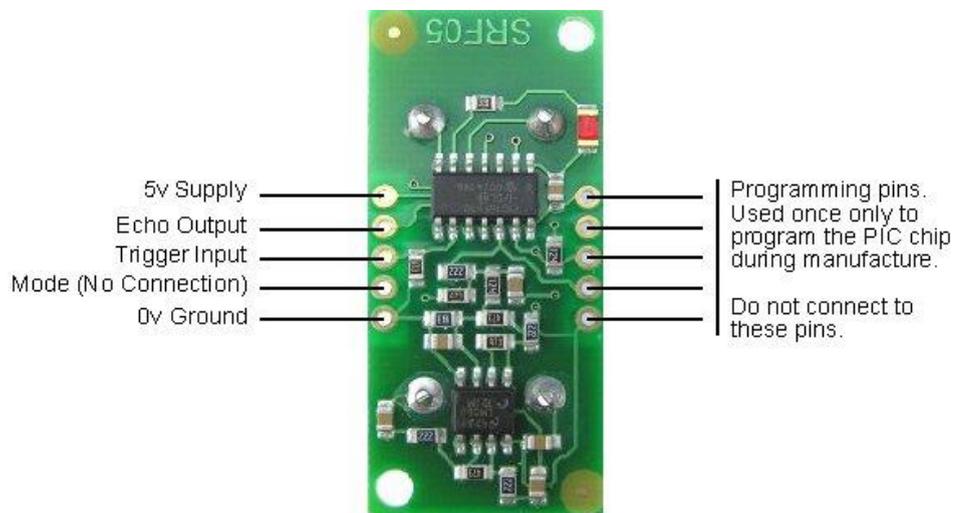
1. Bekerja pada tegangan DC 5 volt
2. Beban arus sebesar 30 mA – 50 mA
3. Menghasilkan gelombang dengan frekuensi 40 KHz
4. Jangkauan jarak yang dapat dideteksi 3 cm – 400 cm
5. Membutuhkan trigger input minimal sebesar 10  $\mu$ S

6. Dapat digunakan dalam dua pilihan mode yaitu input trigger dan output echo terpasang pada pin yang berbeda atau input trigger dan output echo terpasang dalam satu pin yang sama.

Sensor ultrasonik srf-05 dibedakan menjadi dua yakni:

- a) Mode 1 SRF-05 *Trigger* dan *Echo* terpisah

Pada mode ini, untuk mengakses input dan output digunakan pin sensor ultrasonik yang berbeda. Artinya satu pin akan berfungsi sebagai *transmitter* dan satu pin sisanya berfungsi sebagai *receiver*. Jadi antara *Triger* dan *Echo* di bedakan. Seperti gambar 2.4 berikut.



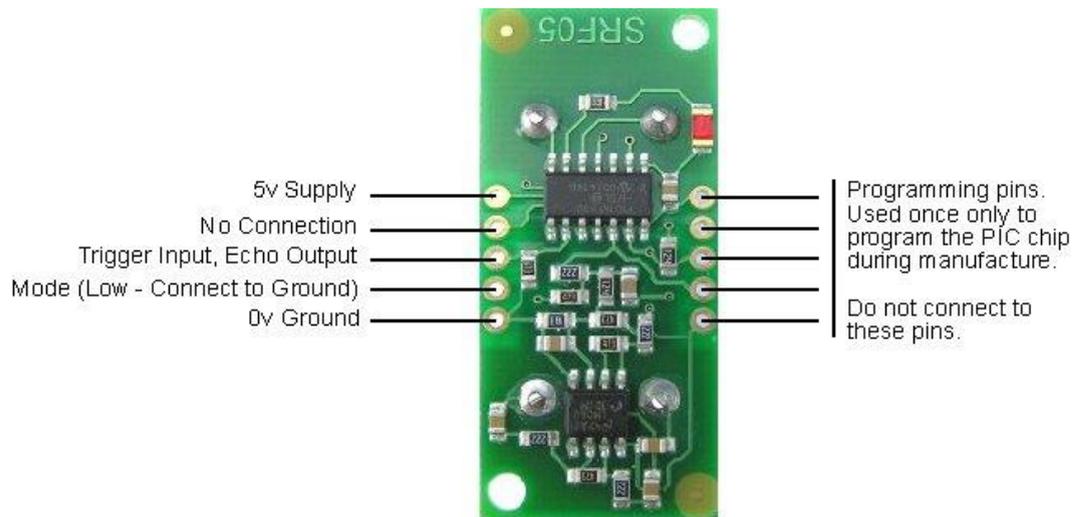
Connections for 2-pin Trigger/Echo Mode (SRF04 compatible)

Gambar 2.4 SRF-05 dengan *Trigger* dan *Echo* terpisah

(sumber: <https://www.robot-electronics.co.uk/htm/srf05tech.htm>)

- b) Mode 2 SRF-05 *Trigger* dan echo dalam 1 pin

Pada mode ini menggunakan 1 pin untuk digunakan sebagai trigger dan echo. Untuk menggunakan mode ini, hubungkan pin mode pada 0V / ground. Sinyal echo dan sinyal trigger di dapat dari 1 pin saja dengan delay antara sinyal trigger dan sinyal echo kurang lebih 700 $\mu$ s. Seperti gambar 2.5 berikut.



Connections for single pin Trigger/Echo Mode

Gambar 2.5 SRF-05 dengan *Trigger* dan *Echo* dalam satu pin

(sumber: <https://www.robot-electronics.co.uk/html/srf05tech.htm>)

## 2.2 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.

### 2.2.1 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*.

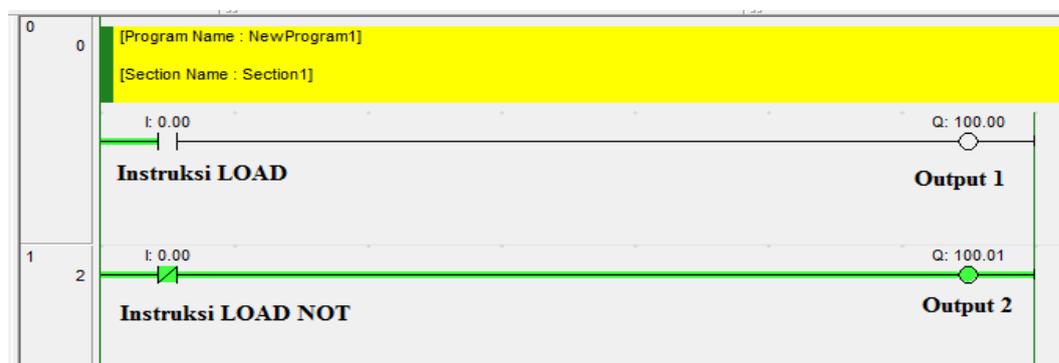
*Ladder diagram* mempunyai dua buah garis vertikal. Terletak diantaranya dan menghubungkannya, berupa garis horisontal adalah aliran arus dan disebut juga *rungs* (anak tangga). Simbol-simbol yang menggambarkan operasi sirkuit disusun sesuai dengan urutan operasinya, yaitu piranti masukan (*input devices*) 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 bis (*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.

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 2.6.



Gambar 2.6 Contoh Penggunaan Instruksi LD dan LD *NOT*

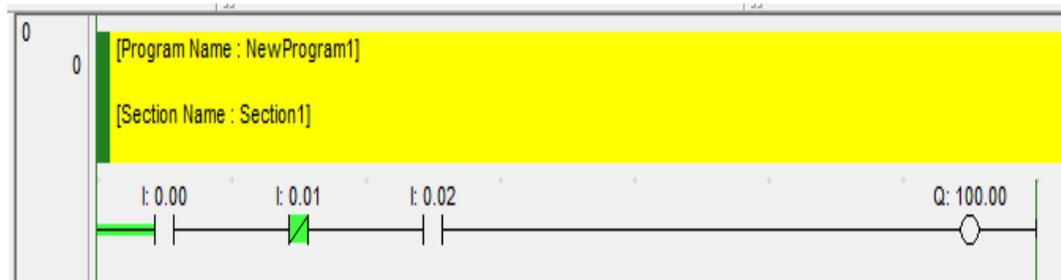
(Apriansah Eka Saputra, 2016)

---

---

– *AND* dan *AND NOT*

Jika terdapat dua atau lebih kondisi yang dihubungkan seri pada garis instruksi yang sama maka kondisi pertama menggunakan instruksi *LD* atau *LD NOT*, dan sisanya menggunakan instruksi *AND* atau *AND NOT*. Contoh instruksi ini ditunjukkan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Contoh Penggunaan Instruksi *AND* dan *AND NOT*

(Apriansah Eka 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 2.8.



Gambar 2.8 Contoh Penggunaan Instruksi *OR* dan *OR NOT*

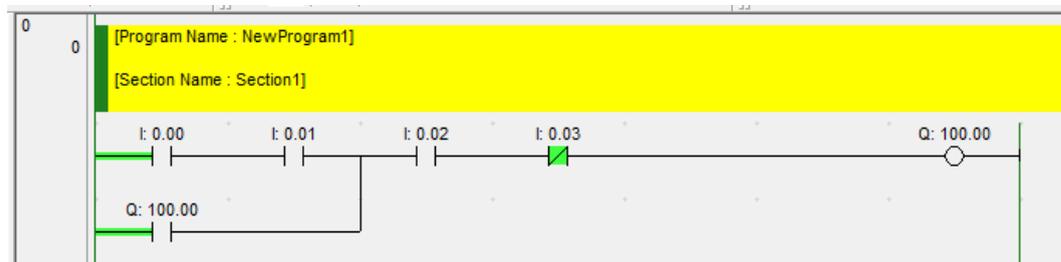
(Apriansah Eka Saputra, 2016)

---

---

– 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 2.9 menunjukkan contoh diagram tangga yang mengimplementasikan cara seperti tersebut di atas.



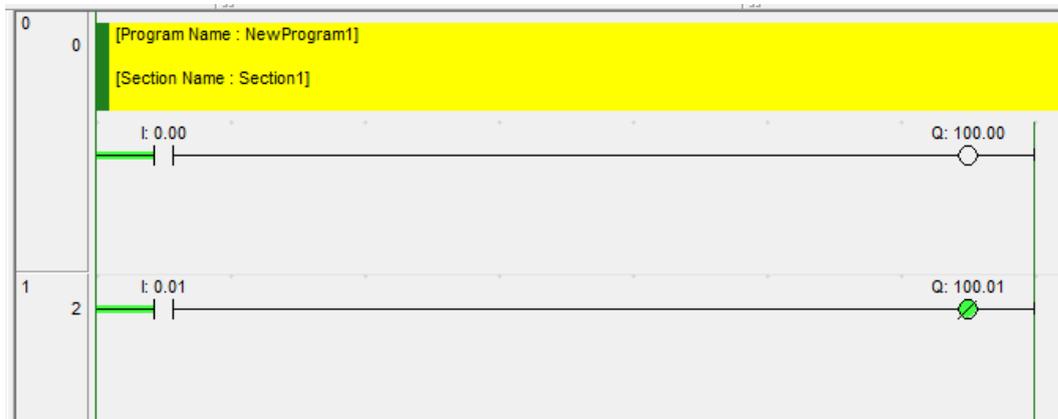
Gambar 2.9 Contoh Penggabungan Instruksi *AND* dan *OR*

(Apriansah Eka Saputra, 2016)

– Instruksi *OUTPUT (OUT)* dan *OUTPUT NOT (OUTNOT)*

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*.

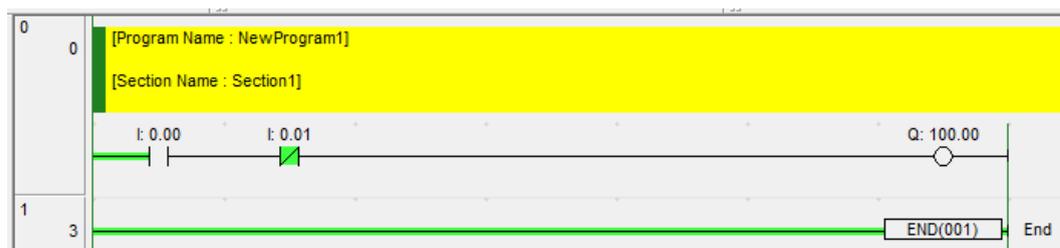
Gambar 2.10 memperlihatkan contoh implementasi kedua instruksi tersebut.



Gambar 2.10 Contoh Penggunaan Instruksi *OUT* dan *OUT NOT*  
(Apriansah Eka Saputra, 2016)

– Instruksi *END*

Instruksi *END* merupakan instruksi terakhir yang harus dituliskan atau digambarkan dalam diagram tangga. CPU pada PLC akan mengerjakan semua instruksi dalam program dari awal (baris pertama) sampai ditemui instruksi *END* yang pertama, sebelum kembali lagi mengerjakan instruksi dalam program dari awal. Gambar 2.11 memperlihatkan contoh penggunaan instruksi *END*.

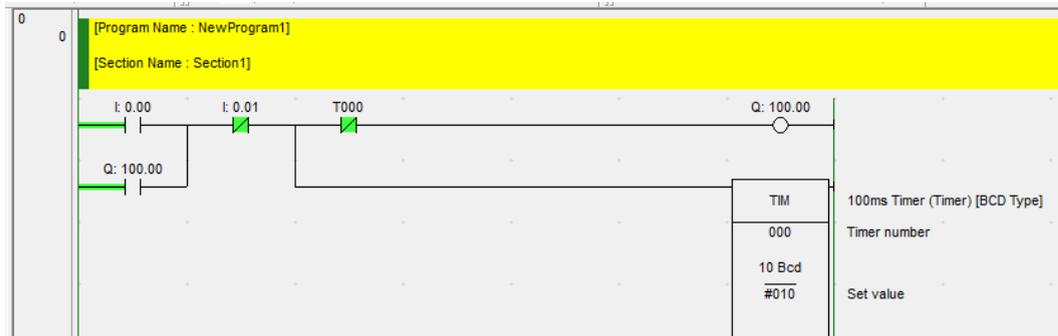


Gambar 2.11 Contoh Penggunaan Instruksi *END*  
(Apriansah Eka Saputra, 2016)

– Instruksi *TIMER (TIM)*

Instruksi *TIM* dapat digunakan sebagai timer (pewaktu) *ON-delay* pada rangkaian relai. Gambar 2.12 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).

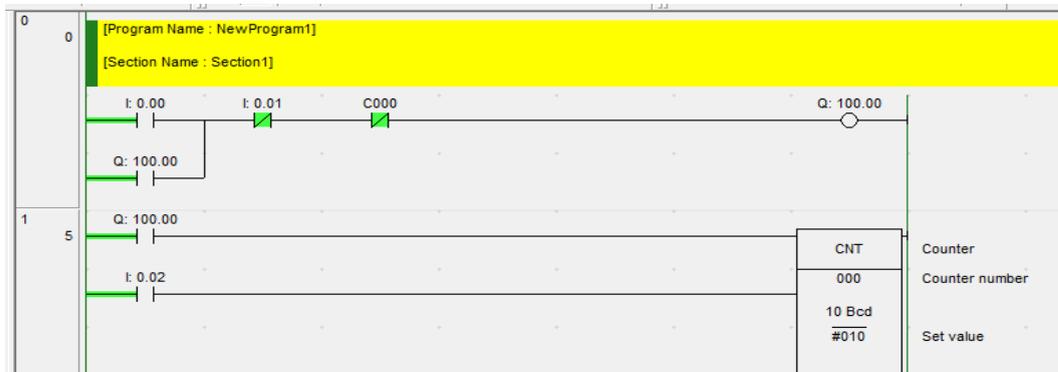


Gambar 2.12 Contoh Penggunaan Instruksi TIMER (TIM)

(Apriansah Eka 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 diprogram dengan input hitung, *input reset*, angka *counter*, dan nilai *set* (SV) Nilai set ini adalah 0000 sampai 9999. Gambar 2.13 memperlihatkan contoh penggunaan instruksi CNT.



Gambar 2.13 Contoh Penggunaan Instruksi *COUNTER* (CNT)

(Apriansah Eka Saputra, 2016)



---

---

## 2.3 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 :

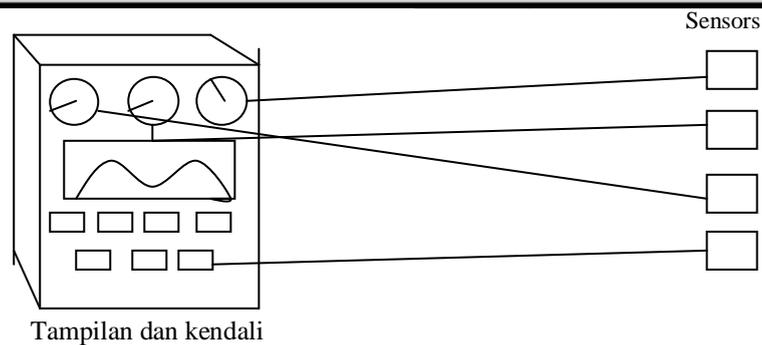
“Sistem terdistribusi yang digunakan untuk mengendalikan aset – aset yang terbesar secara geografis, sering terpisah ribuan kilometer persegi, dimana kontrol dan akuisisi data terpusat sangat penting bagi operasi sistem”.

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.*”

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.

### 2.3.1 Sejarah SCADA

Sistem SCADA yang “primitif” sebenarnya telah digunakan oleh industri selama ini. Dengan hanya mengandalkan indikator – indikator sederhana seperti lampu, meter analog, alarm suara, seorang operator sudah dapat melakukan pengawasan terhadap mesin – mesin di pabrik. Pada gambar 2.14 tampak skema SCADA “primitif” yang masih belum memanfaatkan komputer (pengendali berprosesor lainnya).

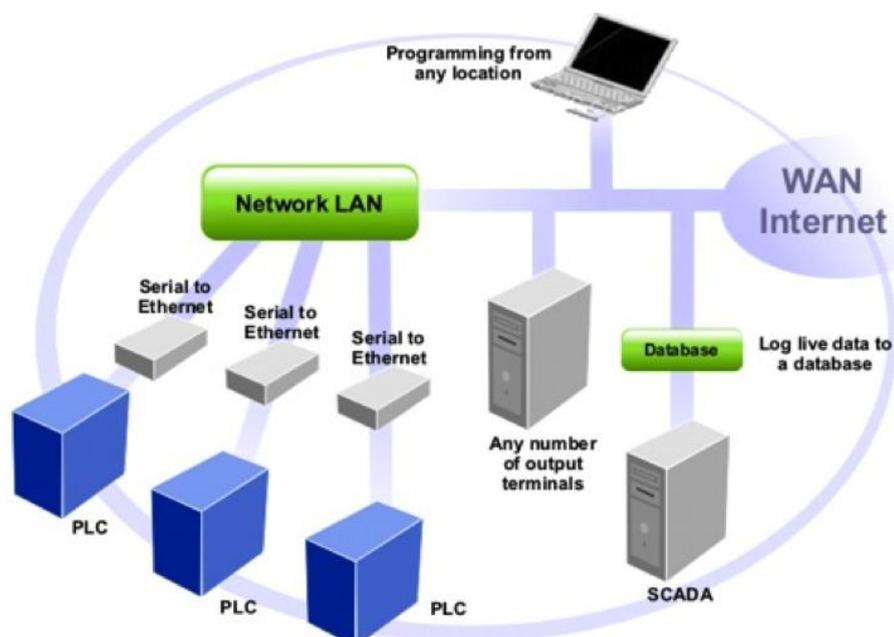


**Gambar 2.14** Sistem SCADA “primitive”

(Handy Wicaksono, 2012)

Seiring dengan perkembangan komputer yang dahsyat beberapa dekade terakhir maka komputer menjadi komponen penting dalam sebuah sistem SCADA modern. Sistem ini menggunakan komputer untuk menampilkan status dari sensor dan aktuator dalam suatu *plant*, menampilkannya dalam bentuk grafik, menyimpannya dalam *database*, bahkan menampilkannya melalui situs *web*.

Umumnya komputer ini terhubung dengan sebuah pengendali (misal : *Programmable Logic Controller*) melalui sebuah protokol komunikasi tertentu (misal : *fieldbus*). Skema sistem SCADA modern dapat dilihat pada gambar 2.15.

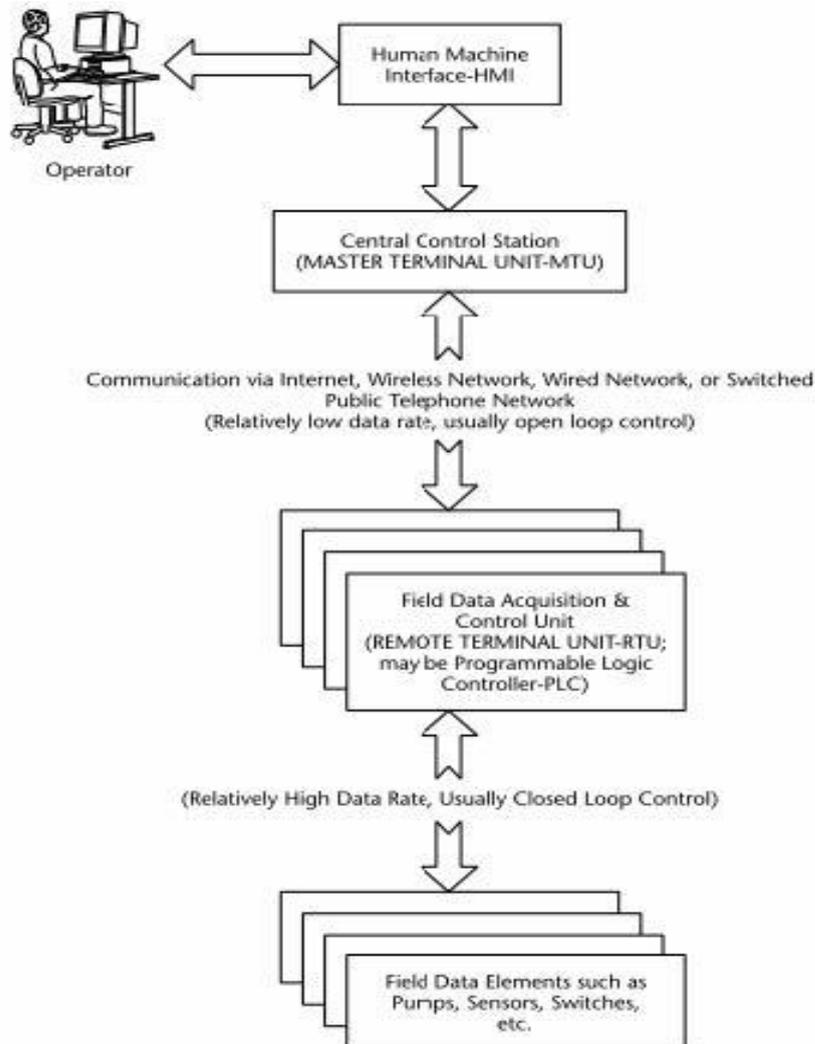


**Gambar 2.15** Sistem SCADA Modern

(sumber: [www.sangpencariilmu.com/2013](http://www.sangpencariilmu.com/2013))

### 2.3.2 Arsitektur Sistem SCADA

Arsitektur dasar dari sebuah sistem SCADA terdapat pada gambar 2.16.



**Gambar 2.16** Arsitektur Sistem SCADA Umum

(sumber: sumber: <http://engineering4read.blogspot.co.id/2016>)

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. HMI dapat berupa *touch screen device* ataupun komputer itu sendiri.

**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. Kecepatan pengiriman data dari MTU ke *plant* jarak jauh relatif rendah dan metode kontrol umumnya *open loop* karena kemungkinan terjadi waktu tunda dan *flow interruption*.

Berikut ini fungsi dasar dari suatu MTU :

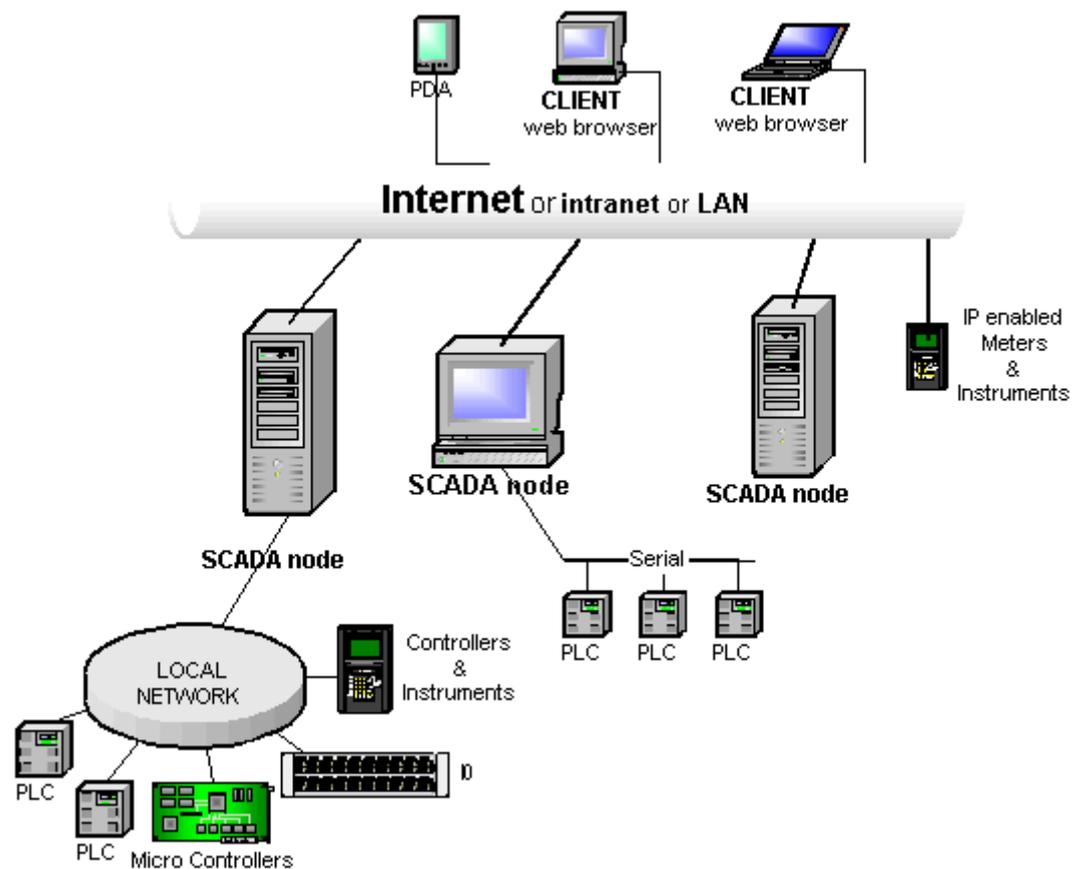
- a. ***Input/Output Task*** : *interface* sistem SCADA dengan peralatan di *plant*.
- b. ***Alarm Task*** : mengatur semua tipe *alarm*.
- c. ***Trends Task*** : mengumpulkan data *plant* setiap waktu dan menggambar dalam grafik .
- d. ***Report Task*** : memberikan laporan yang bersumber dari data *plant*;
- e. ***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). Contoh komunikasi data pada sistem SCADA pada gambar 2.17.



**Gambar 2.17** Variasi Komunikasi Data Pada Sistem SCADA

(sumber: <http://www.vegaotm.com/>)

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 supaya objek/dengan yang diinginkan pengguna.

### 2.3.3 Jenis – Jenis Sistem SCADA

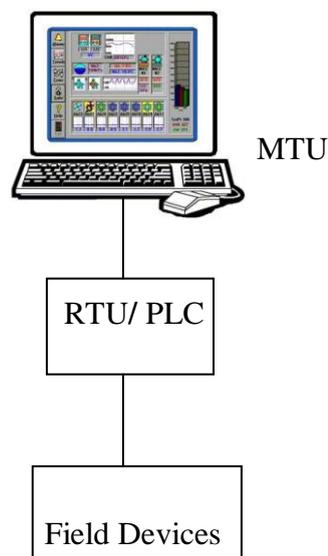
Menurut skala sistem keseluruhan, sistem SCADA dapat dibedakan menjadi :

#### a. 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 2.18 menunjukkan SCADA dasar.

Contoh :

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



**Gambar 2.18** SCADA Dasar

(Handy Wicaksono, 2012)

#### b. *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 2.19 menunjukkan blok sederhananya.

Contoh :

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



**Gambar 2.19** *Integrated SCADA*

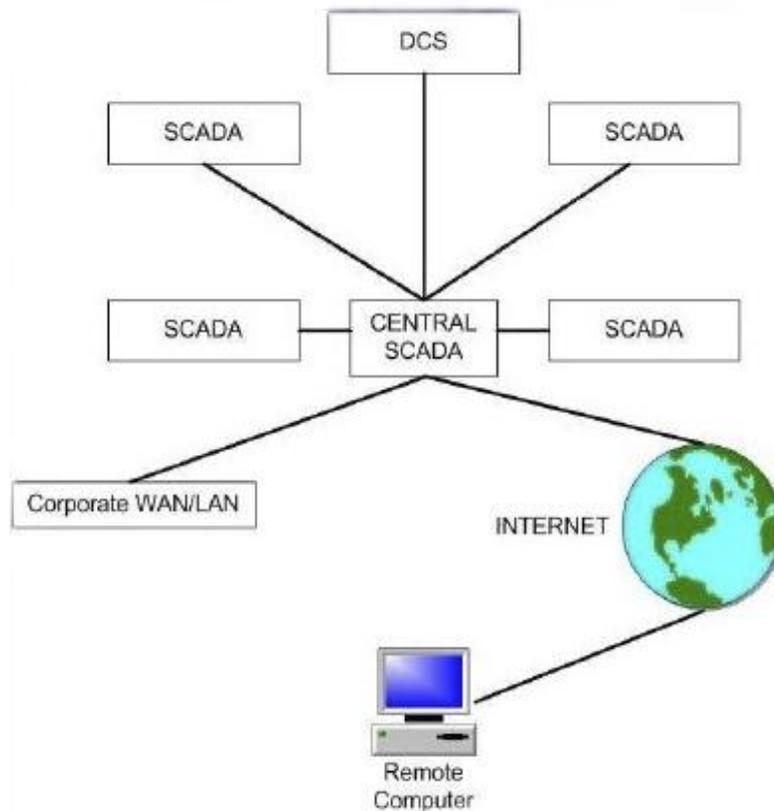
(sumber: <http://eseq.republika.pl/companies/citect/news/citect0001.html>)

**c. 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 2.20.

Contoh :

- *Power systems*
- *Communication systems*



**Gambar 2.20** *Networked SCADA*

(Handy Wicaksono, 2012)

## 2.4 *Relay*

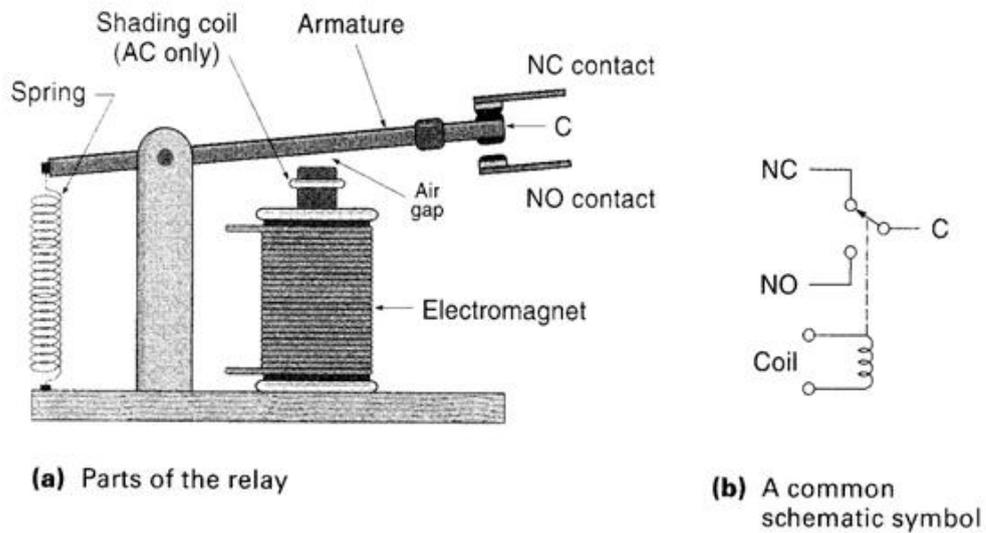
*Relay* adalah sebuah saklar *magnetic* yang biasanya menggunakan medan magnet atau menutup suatu kontak saklar pada saat *relay* dialiri arus listrik. Pada dasarnya *relay* terdiri dari sebuah lilitan kawat yang terlilit pada suatu inti besi dari besi lunak berubah menjadi magnet yang menarik atau menolak suatu pegas sehingga kontak pun menutup atau membuka. *Relay* mempunyai anak kontak yaitu NO (*Normally Open*) dan NC (*Normally Close*)

### 2.4.1 Prinsip Kerja Relay

*Relay* terdiri dari *coil* dan *contact*. *coil* adalah gulungan kawat yang mendapat arus listrik, sedang *contact* adalah sejenis saklar yang pergerakannya tergantung dari ada tidaknya arus listrik di *coil*.

Secara sederhana berikut ini prinsip kerja dari *relay* ketika *Coil* mendapat energi listrik (*energized*), akan timbul gaya elektromagnet yang akan menarik

*armature* yang berpegas, dan *contact* akan menutup. Berikut gambar 2.21 yang merupakan cara kerja dari *relay*.



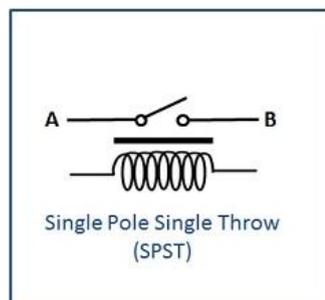
**Gambar 2.21** Cara Kerja *Relay*

(Handy wicaksono, 2008)

#### 2.4.2 Jenis Jenis *Relay*

Berdasarkan penggolongan jumlah Pole dan Throw-nya sebuah relay, maka relay dapat digolongkan menjadi :

- *Single Pole Single Throw (SPST)*: Relay golongan ini memiliki 4 Terminal, 2 Terminal untuk Saklar dan 2 Terminalnya lagi untuk Coil. Seperti gambar 2.22 berikut.

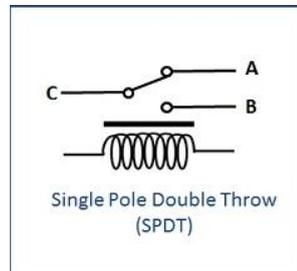


**Gambar 2.22** *Relay* SPST

(sumber: <http://teknikelektronika.com>)



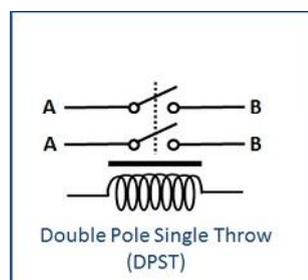
- *Single Pole Double Throw (SPDT)* : Relay golongan ini memiliki 5 Terminal, 3 Terminal untuk Saklar dan 2 Terminalnya lagi untuk Coil. Seperti gambar 2.23 berikut.



**Gambar 2.23** Relay SPDT

(sumber: <http://teknikelektronika.com>)

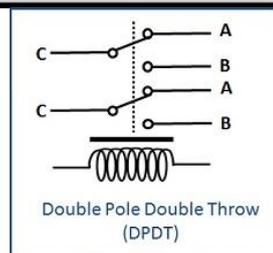
- *Double Pole Single Throw (DPST)* : Relay golongan ini memiliki 6 Terminal, diantaranya 4 Terminal yang terdiri dari 2 Pasang Terminal Saklar sedangkan 2 Terminal lainnya untuk Coil. Relay DPST dapat dijadikan 2 Saklar yang dikendalikan oleh 1 Coil. Seperti gambar 2.24 berikut.



**Gambar 2.24** Relay DPST

(sumber: <http://teknikelektronika.com>)

- *Double Pole Double Throw (DPDT)* : Relay golongan ini memiliki Terminal sebanyak 8 Terminal, diantaranya 6 Terminal yang merupakan 2 pasang Relay SPDT yang dikendalikan oleh 1 (single) Coil. Sedangkan 2 Terminal lainnya untuk Coil. Seperti gambar 2.25 berikut.



**Gambar 2.25** Relay DPDT

(sumber: <http://teknikelektronika.com>)

## 2.5 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. Baterai adalah sumber catu daya DC yang paling baik. Namun untuk aplikasi yang membutuhkan catu daya lebih besar, sumber dari baterai tidak cukup. 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.

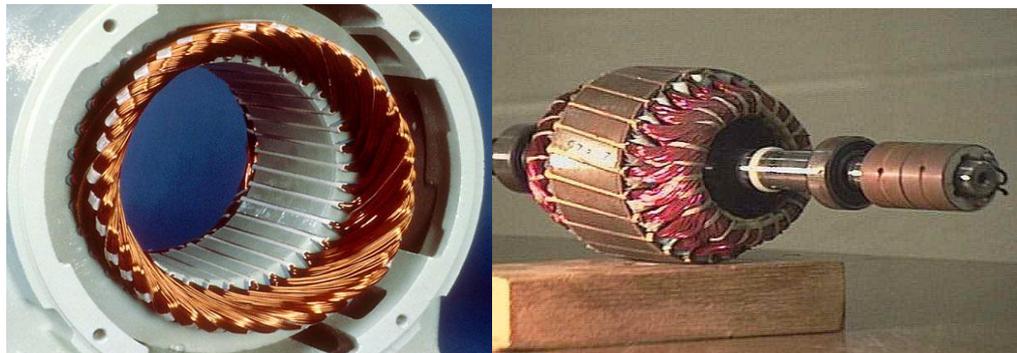
## 2.6 Motor Listrik AC (*Alternating Current*)

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 2.26.



(a)

(b)

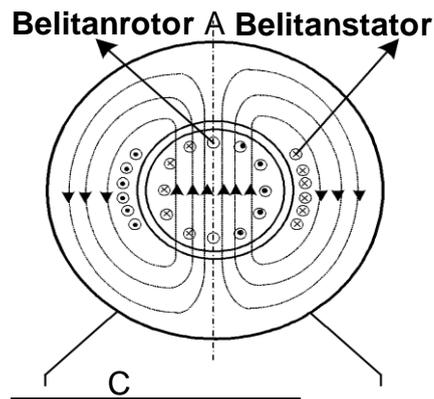
Gambar 2.26 a. Stator

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.

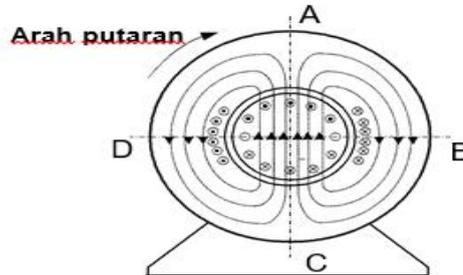
Prinsip kerja motor induksi satu fasa dapat dijelaskan dengan menggunakan teori medan putar silang (*cross-field theory*). Jika motor induksi satu fasa diberikan tegangan bolak-balik satu fasa maka arus bolak-balik akan mengalir pada kumparan stator. Arus pada kumparan stator ini menghasilkan medan magnet seperti yang ditunjukkan oleh garis putus-putus pada Gambar 2.27.



Gambar 2.27 Medan Magnet Stator Berpulsasi Sepanjang Garis AC.  
(Chapter II.pdf;jsessionid=BC3A7533C37423EB24A30F99E9B99422)

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 2.27) 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.



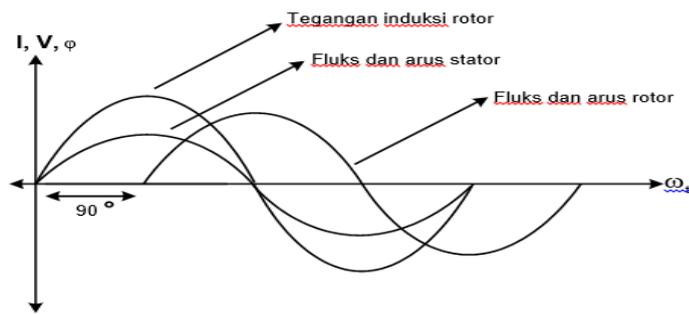
Gambar 2.28. Motor Dalam Keadaan Berputar

(Chapter II.pdf;jsessionid=BC3A7533C37423EB24A30F99E9B99422)

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 2.28 yang menunjukkan rotor sedang berputar searah jarum jam.

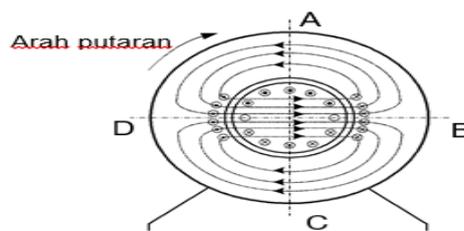
Jika fluks rotor seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.28 mengarah ke atas sesuai dengan kaidah tangan kanan Fleming, arah gaya gerak listrik (ggl) rotor akan mengarah keluar kertas pada setengah bagian atas rotor dan mengarah ke dalam kertas pada setengah bagian bawah rotor. Pada setengah periode 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  $90^\circ$ . Gambar 2.29 menunjukkan

hubungan fasa dari arus dan fluks stator, gaya gerak listrik, arus dan fluks rotor.



Gambar 2.29. Fluks Rotor Tertinggal Terhadap Fluks Stator Sebesar  $90^\circ$   
(Chapter II.pdf;jsessionid=BC3A7533C37423EB24A30F99E9B99422)

Sesuai dengan kaidah tangan kanan Fleming, arus rotor ini akan menghasilkan medan magnet, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.30 karena medan rotor ini terpisah sebesar  $90^\circ$  dari medan stator, maka disebut sebagai medan silang (cross-field). Nilai maksimum dari medan ini seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.30, 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.



Gambar 2.30. Medan Silang yang Dibangkitkan Arus Stator  
(Chapter II.pdf;jsessionid=BC3A7533C37423EB24A30F99E9B99422)

Karena medan silang beraksi pada sudut  $90^\circ$  terhadap medan magnet stator dengan sudut fasa yang juga tertinggal  $90^\circ$  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:

$$P = V.I.\cos \varphi \dots\dots\dots(2.3)$$

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 :

$$N_s = \frac{120.F}{P} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$SLIP = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100\% \dots\dots\dots(2.5)$$

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 :

$$T = \frac{5250 \cdot HP}{n} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

T = Torsi motor (lb ft)

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

n = Kecepatan motor (rpm)

5250 =Konstan

