

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor Induksi (*Alternating Current*)

Motor induksi merupakan salah satu jenis motor listrik yang masuk kedalam kategori mesin listrik dinamis dan merupakan sebuah perangkat elektromagnetik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor induksi juga banyak digunakan untuk keperluan didunia industri dan rumah tangga, seperti memutar impeller pompa, fan atau blower, mengangkat beban dan lain sebagainya. Motor induksi berkerja menggunakan arus bolak-balik (*alternating current*) yang membalikan arahnya secara teratur dalam rentang waktu tertentu. Kecepatan motor dengan arus AC lebih sulit dikendalikan dari pada motor dengan arus DC. Motor induksi sendiri paling luas digunakan, sesuai penamaannya yang berasal dari kenyataan bahwa motor jenis ini berkerja berdasarkan induksi medan magnet stator ke statornya, dimana arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magneticfield*) yang dihasilkan oleh arus stator. Gambar 2.1 merupakan bentuk fisik dari Motor induksi.



Gambar 2. 1 Motor Induksi (INyoman, 2018)

Motor induksi pada dasarnya mempunyai 3 bagian penting seperti stator yang merupakan bagian diam dan memiliki kumparan yang dapat menginduksikan

Lorentz yang menimbulkan torsi yang cenderung menggerakkan rotor sesuai dengan arah pergerakan medan induksi stator. Medan putar pada stator tersebut akan memotong konduktor-konduktor pada rotor, sehingga terinduksi arus, sesuai dengan hukum Lenz dan rotor-pun akan turut berputar mengikuti medan putar stator. Perbedaan putaran relatif yang terjadi antara stator dan rotor disebut slip. Pada umumnya slip dinyatakan dalam persen dari kecepatan sinkron.

$$Slip(s) = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100\% \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana,

N_s = Kecepatan sinkron.

N_r = Kecepatan putaran rotor.

Dengan bertambahnya beban akan memperbesar kopel motor yang artinya memperbesar pula arus induksi pada rotor, yang membuat slip antara medan putar stator dan putaran rotor pun akan bertambah besar. Jadi, bila beban motor bertambah, putaran rotor cenderung menurun. Pada rangka stator juga terdapat kumparan stator yang ditempatkan pada slot-slotnya yang dililitkan pada sejumlah kutub tertentu. Jumlah kutub ini menentukan kecepatan berputarnya medan stator dan diinduksikan ke rotornya. Dengan kata lain, makin besar jumlah kutub (*pole*) maka akan mengakibatkan makin kecilnya kecepatan medan putar stator dan begitupun sebaliknya. Kecepatan berputarnya medan putar ini disebut kecepatan sinkron. Besarnya kecepatan ini dirumuskan seperti berikut.

$$N_s = \frac{120f}{P} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana,

f = Frekuensi listrik AC (Hz)

P = Jumlah kutub

N_s = Kecepatan putar sinkron medan (rpm)

2.2 Sistem Pemompaan

Pompa sering kali kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari maupun penggunaan dalam dunia industri karena penggunaannya sebagai penggerak fluida, sehingga 20% dari penggunaan energi listrik dunia merupakan penggunaan energi untuk pompa. Pompa sendiri memiliki dua fungsi utama antara lain sebagai berikut.

1. Memindahkan suatu *fluida* dari suatu tempat ke tempat lainnya. (misalnya dari sumur tanah menuju bak penampungan yang letaknya lebih tinggi dari sumber air).
2. Mensirkulasi atau mendorong *fluida* pada suatu sistem produksi maupun sebagai *coolant* dari sebuah mesin yang disirkulasikan.

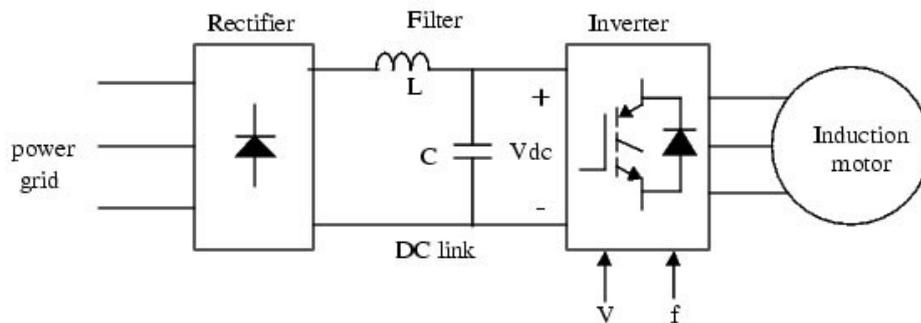
Pengendalian debit dari fluida dapat juga dikendalikan dengan variasi kecepatan, yang mana ketika pompa menyala dan *impeller* berputar maka akan menghasilkan *head*, olehkarena itu variasi kecepatan sangat berpengaruh langsung terhadap kinerja pompa.

2.3 *Variable Frequency Drive (VFD)*

Metode untuk pengontrolan kecepatan yang terbaik dan mengharuskan banyak variasi kecepatan motor yang diperoleh, maka pengontrolan dengan mengatur suplai frekuensi dapat dilakukan, dalam hal ini *inverter* merupakan suatu rangkaian elektronika daya yang memiliki fungsi sebagai pengatur kecepatan motor dengan mengubah nilai frekuensi yang masuk ke motor. *Inverter* terdiri dari komponen semikonduktor MOSFET atau IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*) yang berfungsi sebagai *switching*. Secara sederhana prinsip dasar dari *inverter* adalah mengubah input frekuensi sumber AC yang konstan (50 Hz) menjadi DC (*Rectifier*) dan kemudian dijadikan AC lagi dengan frekuensi yang diinginkan sehingga kecepatan motor dapat terkontrol. Dengan demikian jika frekuensi motor ditingkatkan, maka kecepatan motor akan meningkat pula, dan sebaliknya jika frekuensi diperkecil maka akan memperlambat kecepatan moto.

Variable Frequency Drive atau *Variable Speed Drive* yang biasa disebut dengan *inverter* merupakan solusi dari aplikasi yang membutuhkan kemampuan

pengaturan motor lebih lanjut, misalnya pengaturan putaran motor sesuai dengan bebannya atau sesuai dengan nilai yang kita inginkan. Ketika kontrol motor bukan hanya sekedar ON/OFF saja maka penggunaan *variable frequency drive* atau *inverter* merupakan solusi yang mampu menawarkan fungsi pengontrolan motor lebih lanjut.



Gambar 2. 3 Bagian Utama *Inverter* (Thida Win, 2008)

Gambar 2.3 merupakan bagian utama *inverter*. *Inverter* memiliki keuntungan yaitu putaran motor atau mesin dapat dikembalikan sesuai dengan kebutuhan, sehingga dapat mencapai kapasitas produksi yang maksimal dan mempunyai jangkauan kecepatan yang besar yang dapat diatur-atur, mempunyai fasilitas penunjukan meter, serta lebih aman dan meminimalisir konsumsi energi dan untuk mengurangi arus starting.

Mesin – mesin sentrifugal modern telah memanfaatkan *inverter* sebagai alat pengatur kecepatan, yang memberikan pengaturan percepatan dan perlambatan yang *smooth* pada mesin sentrifugal dan pada saat yang sama dapat memberikan torsi yang maksimal. Pengontrolan yang dilakukan yaitu mengatur frekuensi input ke motor dan seperti yang kita ketahui, pada kondisi ideal (tanpa *slip*) dengan memainkan perubahan frekuensi tegangan yang masuk, kecepatan akan dapat diatur.



Gambar 2.4 *Variable Frequency Drive* (Omron, 2015)

2.3.1 Jenis – Jenis Gelombang Keluaran

Dari segi gelombang keluaran pun *inverter* memiliki beberapa klasifikasi yang umumnya kita jumpai, gelombang keluaran tersebut sangat berpengaruh dengan kinerja *inverter* tersebut yang pada umumnya berdampak langsung pada beban yang akan disuplai oleh *inverter*. Jenis-jenis *inverter* berdasarkan gelombang dibagi menjadi 3 bagian besar yaitu :

1. *Inverter Gelombang Kotak (Square Wave Inverter)*

Gelombang keluaran berupa gelombang kotak. Umumnya inverter ini tidak digunakan untuk aplikasi pada beban induktif dan motor listrik.

2. *Inverter Gelombang Modifikasi Sinusoidal (Modified Sine Wave)*

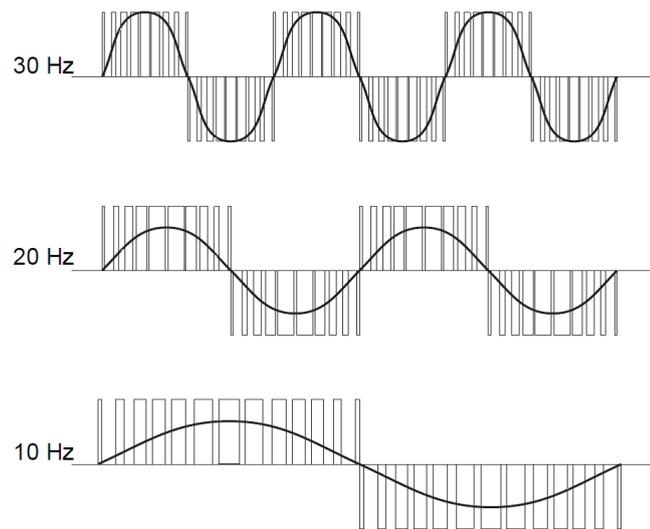
Inverter yang memiliki gelombang keluaran berupa gelombang kotak yang telah termodifikasi, sehingga gelombang tersebut menyerupai gelombang sinusoidal. Dengan gelombang keluaran kotak yang termodifikasi pada umumnya memiliki daya atau kapasitas rendah diperuntukan untuk menyuplai beban induktif dan motor listrik.

3. *Inverter Gelombang Sinusoidal (Pure Sine Wave Inverter)*

Gelombang keluaran berupa gelombang sinusoidal murni seperti gelombang sinusoidal pada tegangan bolak-balik (AC) pada umumnya. *Inverter* dengan gelombang keluaran berupa gelombang sinusoidal murni ini pada umumnya memiliki daya atau kapasitas yang tinggi dan

dapat diperuntukan untuk menyuplai beban induktif dan motor listrik dengan lebih baik dibandingkan gelombang keluaran lainnya.

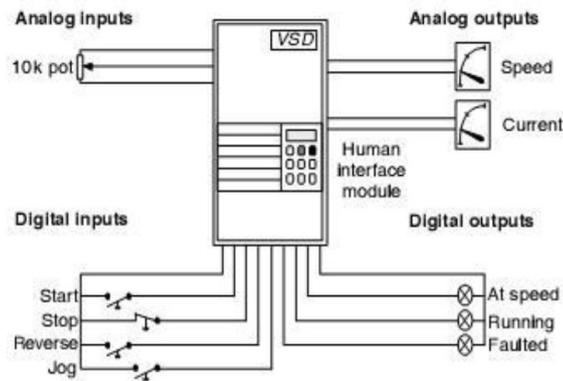
Contoh gelombang keluaran dari *variable frequency drive* (VFD) dapat kita lihat pada Gambar 2.4 berikut.



Gambar 2. 4 *Sinusoidal PWM in VFD* (Mike Glampe, 2017)

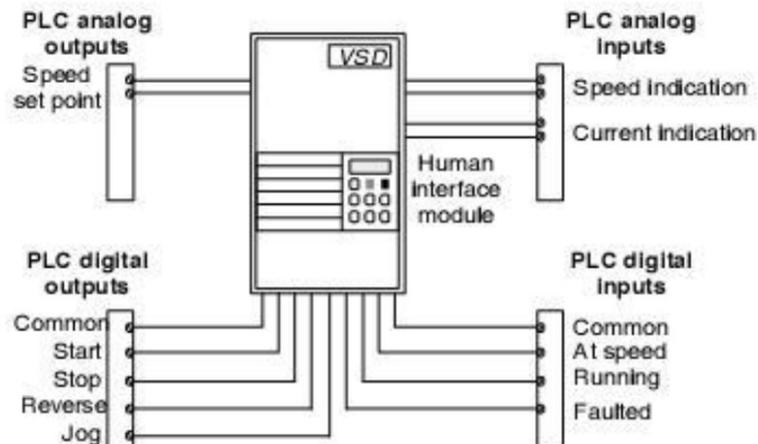
2.3.2 Pengontrolan Pada *Inverter (Variable Frequency Drive)*

Frekuensi dapat dikontrol dengan berbagai macam cara yaitu : melalui keypad (local), dengan *external potentiometer*, dan input 0 ~ 10 VDC , 4~20mA atau dengan *preset* .Semua itu bias dilakukan dengan mengisi parameter program yang sesuai. Pengontrolan *variable frequency drive* dapat dilakukan dalam beberapa cara yaitu pengontrolan dengan sistem manual dan dengan otomatis. Pengontrolan manual dilakukan dengan tombol tekan start dan stop yang dihubungkan dengan cara pengawatan langsung pada terminal kontrol *variable frequency drive* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Pengontrolan Manual VFD (Omron, 2015)

Jika pengontrolan dari peralatan terpisah atau dari jarak yang jauh dapat dilakukan dengan menggunakan *Programmable Logic Controller*, dilakukan dengan pengawatan dari terminal kontrol *variable frequency drive* seperti Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Pengontrolan VFD dengan Input Digital (Omron, 2015)

2.4 *Human Machine Interface (HMI)*

Human Machine Interface (HMI) adalah sistem yang menghubungkan antara manusia dan teknologi mesin. HMI dapat berupa pengendali dan visualisasi status baik dengan manual maupun melalui visualisasi komputer yang bersifat *real time*. Gambar 2.7 merupakan bentuk fisik *Human Machine Interface*.



Gambar 2. 7 Human Machine Interface NB-Series (Omron, 2016)

Sistem HMI biasanya bekerja secara online dan *real time* dengan membaca data yang dikirimkan melalui *I/O port* yang digunakan oleh sistem *controller*-nya. Port yang biasanya digunakan untuk *controller* dan akan dibaca oleh HMI antara lain adalah *port com*, *port USB*, *port RS232* dan ada pula yang menggunakan port serial. **HMI mempunyai beberapa fungsi, yaitu :**

1. Memberikan informasi plant yang terbaru kepada operator melalui *graphical user interface*.
2. Menerjemahkan instruksi operator ke mesin.
3. Memonitor keadaan yang ada di *plant*.
4. Mengatur nilai pada parameter yang ada di *plant*.
5. Mengambil tindakan yang sesuai dengan keadaan yang terjadi.
6. Memunculkan tanda peringatan dengan menggunakan alarm jika terjadi sesuatu yang tidak normal.
7. Menampilkan pola data kejadian yang ada di plant baik secara *real time* maupun *historical (Trending history atau real time)*.

Bagian-bagian dari *Human Machine Interface* (HMI) meliputi;

1. Tampilan Statis dan Dinamik

Pada tampilan HMI terdapat dua macam tampilan yaitu Obyek statis dan Obyek dinamik.

- Obyek statis, yaitu obyek yang berhubungan langsung dengan peralatan atau database. Contoh : teks statis, *layout* unit produksi

- Obyek dinamik, yaitu obyek yang memungkinkan operator berinteraksi dengan proses, peralatan atau *database* serta memungkinkan operator melakukan aksi kontrol. Contoh : *push buttons, lights, charts*

2. Manajemen Alarm

Suatu sistem produksi yang besar dapat memonitor sampai dengan banyak alarm. dengan banyak alarm tersebut dapat membingungkan operator. Setiap alarm harus di-*acknowledged* oleh operator agar dapat dilakukan aksi yang sesuai dengan jenis *alarm*. Oleh karena itu dibutuhkan suatu manajemen alarm dengan tujuan mengeleminir alarm yang tidak berarti.

Jenis-jenis alarm yaitu;

- *Absolute Alarm (High dan High-High , Low dan Low-Low)*
- *Deviation Alarm (Deviation High , Deviation Low)*
- *Rote of Change Alarms (Positive Rate of Change , Negative Rate of Change)*

3. Trending

Perubahan dari variable proses kontinyu paling baik jika dipresentasikan menggunakan suatu grafik berwarna. Grafik yang dilaporkan tersebut dapat secara *summary* atau *historical*.

4. Reporting

Dengan reporting akan memudahkan pembuatan laporan umum dengan menggunakan *report generator* seperti *alarm summary reports*. Selain itu, *reporting* juga bisa dilaporkan dalam suatu *database, messaging system, dan web based monitoring*. Pembuatan laporan yang spesifik dibuat menggunakan *report generator* yang spesifik pula. Laporan dapat diperoleh dari berbagai cara antara lain melalui aktivasi periodik pada selang interfal tertentu misalnya kegiatan harian ataupun bulanan dan juga melalui *operator demand*.

2.5 PLC (*Programmable Logic Controller*)

Programmable Logic Controller (PLC) merupakan suatu bentuk khusus pengontrol berbasis-mikroprosesor yang memanfaatkan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi dan untuk mengimplementasikan

fungsi – fungsi semisal logika, *sequencing*, pewaktuan (*timing*), pencacahan (*counting*) dan aritmetika guna mengontrol mesin – mesin dan proses – proses dan dirancang untuk dioperasikan oleh para insiyur yang hanya memiliki sedikit pengetahuan mengenai komputer dan bahasa pemrograman. Sebuah PLC (*Programmable Logic Controller*) adalah sebuah alat yang digunakan untuk menggantikan rangkaian sederetan *relay* yang ada pada sistem kontrol konvensional. PLC bekerja dengan cara mengamati masukan (melalui sensor), kemudian melakukan proses dan melakukan tindakan sesuai yang dibutuhkan, berupa menghidupkan atau mematikan keluaran. Program yang digunakan adalah berupa *ladder diagram* yang kemudian harus dijalankan oleh PLC.

Definisi *Programmable Logic Controller* menurut Capiel (1982) adalah: “sistem elektronik yang beroperasi secara digital dan di desain untuk pemakaian di lingkungan industri, dimana sistem ini menggunakan memori yang dapat diprogram untuk penyimpanan secara internal instruksi-instruksi yang mengimplementasikan fungsi-fungsi spesifik seperti logika, urutan, perwaktuan, pencacahan dan operasi aritmatik untuk mengontrol mesin atau proses melalui modul-modul I/O digital maupun analog”. (Bolton, William. 2004)

2.5.1 Fungsi PLC (*Programmable Logic Controller*)

Alat ini bekerja berdasarkan input-input yang ada dan tergantung dari keadaan pada suatu waktu tertentu yang kemudian akan meng-*on* atau meng-*off* kan *output-output*. fungsi PLC adalah sebagai berikut:

1. *Sequential Control*.

PLC memproses input sinyal biner menjadi output yang digunakan untuk keperluan pemrosesan teknik secara berurutan (*sequential*), disini PLC menjaga agar semua *step* atau langkah dalam proses sekuensial berlangsung dalam urutan yang tepat.

2. *Monitoring Plant*.

PLC secara terus menerus memonitor status suatu sistem (misalnya temperatur, tekanan, tingkat ketinggian) dan mengambil tindakan yang diperlukan sehubungan dengan proses yang dikontrol (misalnya nilai sudah melebihi batas) atau menampilkan pesan tersebut pada operator. Sedangkan fungsi PLC secara

khusus adalah dapat memberikan *input* ke CNC (*Computerized Numerical Control*).

2.5.2 PLC OMRON CP1E-NA20DR-A

PLC OMRON CP1E-NA20DR-A merupakan salah satu jenis PLC yang berasal dari keluarga CP1E, memiliki jumlah input digital sebanyak 12 buah dan input analog sebanyak 2 buah, memiliki output digital sebanyak 8 buah dan output analog sebanyak 1 buah, dilengkapi juga dengan *build-in port* RS232. Chanel input pada PLC CP1E ini berada pada chanel 0ch dengan jumlah input 12, diawali dari 00 – 11 sedangkan input analog berada pada dua chanel berbeda yaitu AD0 di 90CH dan AD1 di 91CH dan untuk chanel output diskrit berada pada chanel 100CH dengan jumlah output sebanyak 8 buah, untuk output analog hanya terdiri dari 1 chanel yaitu pada chanel 190CH. Untuk penggunaan *men-download* dan *men-download* program digunakan USB type B, penggunaan dengan HMI disediakan port RS232. Gambar 2.7 merupakan gambar PLC SYSMAC CP1E-NA20DR-A.



Gambar 2. 8 PLC SYSMAC CP1E-NA20DR-A (Omron, 2016)

2.5.3 Konsep Perancangan Sistem Kendali dengan PLC

Dalam merancang suatu sistem pengendalian dibutuhkan beberapa pendekatan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Perancangan Sistem Kendali

Dalam tahapan ini, terlebih dahulu kita menentukan sistem seperti apa yang ingin kita kendalikan dan proses apa yang akan ditempuh . Sistem yang

dikendalikan dapat berupa peralatan mesin ataupun proses yang terintegrasi yang sering secara umum disebut dengan *controlled system*.

2. Menentukan I/O

Pada tahap ini semua perangkat masukan dan keluaran eksternal dihubungkan ke PLC harus ditentukan. Perangkat masukan dapat berupa saklar, sensor, *transmitter*, dan lainnya. Sedangkan keluaran dapat berupa motor, katup solenoid dan lainnya.

3. Perancangan Program

4. Menjalankan Sistem

2.6 Sensor

Sensor adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi gejala-gejala atau sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, energi mekanik. Contoh; Camera sebagai sensor penglihatan, telinga sebagai sensor pendengaran, kulit sebagai sensor peraba, dan lain sebagainya.

Untuk sistem kontrol, terlebih dahulu kita harus memastikan parameter apa yang dibutuhkan untuk dimonitor atau sebagai input, seperti: level, temperatur, dan tekanan. Kemudian tentukan sensor dan rangkaian data interface untuk melakukan suatu pengontrolan, lalu transmitter akan membangkitkan sinyal standart instrumentasi kontrol dari output sensor.

Setiap elemen pengindra memiliki jenis dan karakteristiknya masing-masing, seperti *Pressure Transmitter* yang berupa sensor pendeteksi tekanan dan transmitter untuk membangkitkan sinyal standart instrumentasi seperti 0~10VDC, 4 ~ 20mA dan sebagainya.

2.6.1 *Pressure Transmitter*

Pressure Transmitter adalah sebuah sensor yang dilengkapi dengan transmitter untuk membangkitkan sinyal instrumentasi yang digunakan untuk menentukan nilai atau besaran tekanan dengan menggunakan elemen sensitif. ***Pressure Transmitter* berkerja pada tegangan 24VDC.** Gambar 2.9 merupakan gambar *pressure transmitter*.



Gambar 2. 9 *Pressure Transmitter*

Spesifikasi pressure transmitter dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Spesifikasi *Pressure Transmitter*

Capacity Range	0-10 bar
Output Signal	4 ~ 20mA
Using Temp Range	-40 to 100 C
Power Supply	9-32VDC
Comperhensive Precision	0.5%FS

2.7 *Analog To Digital Converter (ADC)*

ADC (Analog To Digital Converter) adalah perangkat elektronika yang berfungsi untuk mengubah sinyal analog (sinyal kontinyu) menjadi sinyal digital. Perangkat *ADC (Analog To Digital Conversion)* dapat berbentuk suatu modul atau rangkaian elektronika maupun suatu chip IC. *ADC (Analog To Digital Converter)* berfungsi untuk menjembatani pemrosesan sinyal analog oleh sistem digital.

Converter adalah alat bantu digital yang paling penting untuk teknologi kontrol proses adalah yang menerjemahkan informasi digital ke bentuk analog dan juga sebaliknya. Sebagian besar pengukuran variabel-variabel dinamik dilakukan

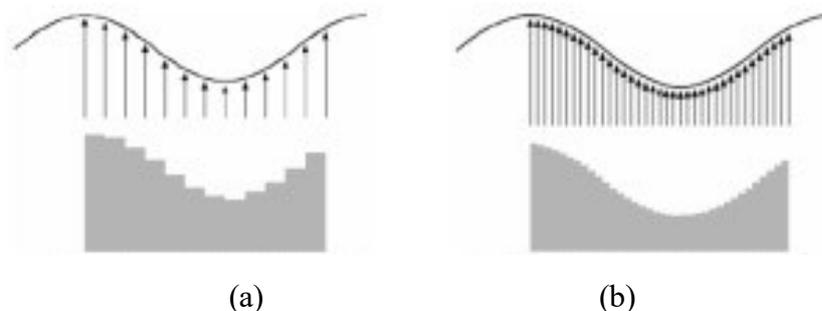
oleh piranti ini yang menerjemahkan informasi mengenai variabel ke bentuk sinyal listrik analog. Untuk menghubungkan sinyal ini dengan sebuah komputer atau rangkaian logika digital, sangat perlu untuk terlebih dahulu melakukan [konversi analog ke digital](#) (A/D). Hal-hal mengenai konversi ini harus diketahui sehingga ada keunikan, hubungan khusus antara sinyal analog dan digital.

Umumnya ADC digunakan sebagai perantara antara sensor yang kebanyakan analog dengan sistim komputer seperti sensor suhu, cahaya, tekanan/berat, aliran dan sebagainya kemudian diukur dengan menggunakan sistim digital (komputer).

ADC (*Analog to Digital Converter*) memiliki 2 karakter prinsip, yaitu kecepatan sampling dan resolusi.

1. Kecepatan Sampling ADC

Kecepatan sampling suatu ADC menyatakan “seberapa sering sinyal analog dikonversikan ke bentuk sinyal digital pada selang waktu tertentu”. Kecepatan sampling biasanya dinyatakan dalam *sample per second (SPS)*. Gambar 2.10 merupakan ilustrasi kecepatan sampling ADC.



Gambar 2. 10 a. ADC dengan Kecepatan *Sampling* Rendah (Khalid, 2014)
b. ADC dengan Kecepatan *Sampling* Tinggi

2. Resolusi ADC

Resolusi ADC menentukan “ketelitian nilai hasil konversi ADC”. Sebagai contoh: ADC 8 bit akan memiliki *output* 8 bit data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 255 ($2^n - 1$) nilai diskrit. ADC 12 bit memiliki 12 bit output data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 4096 nilai diskrit. Dari

contoh diatas ADC 12 bit akan memberikan ketelitian nilai hasil konversi yang jauh lebih baik daripada ADC 8 bit.

2.7.1 Prinsip Kerja ADC

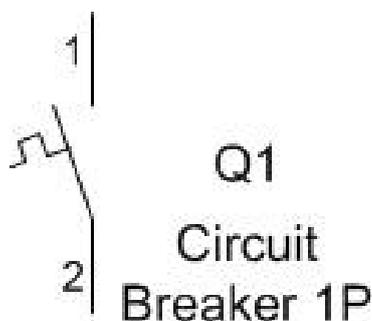
Prinsip kerja ADC adalah mengkonversi sinyal analog ke dalam bentuk besaran yang merupakan rasio perbandingan sinyal input dan tegangan referensi. contohnya, bila tegangan referensi 5 volt, tegangan input 3 volt, rasio input terhadap referensi adalah 60%. Jadi, jika menggunakan ADC 8 bit dengan skala maksimum 255, akan didapatkan sinyal digital sebesar $60\% \times 255 = 153$ (bentuk decimal) atau 10011001 (bentuk biner).

2.8 MCB (*Miniature Circuit Breaker*)

MCB merupakan singkatan dari *Miniature Circuit Breaker* yang berfungsi sebagai alat pengaman saat terjadi hubung singkat (konsleting) maupun beban lebih (*overload*). MCB akan memutuskan arus apa bila arus yang melewatinya melebihi dari arus nominal MCB.



(a)



(b)

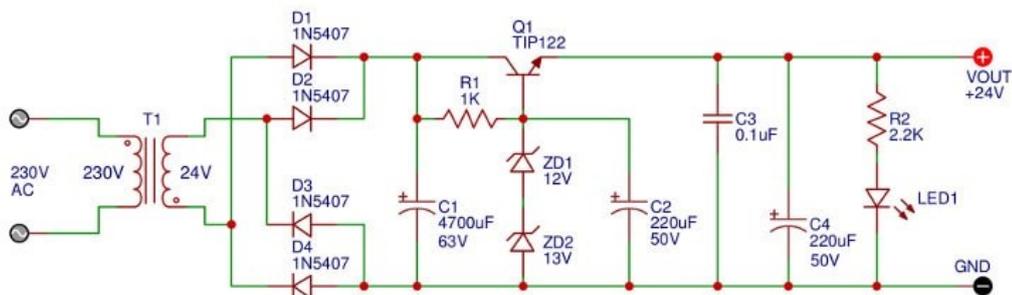
Gambar 2. 11 a. Bentuk Fisik MCB (Electronic Book, 2016)
b. Simbol *Miniature Circuit Breaker*

Gambar 2.11 merupakan bentuk fisik dan simbol dari MCB. MCB biasanya digunakan sebagai pembatas daya dalam rumah dan sekaligus sebagai pengaman dan sakelar utama, biasanya MCB terletak dibawah kWh meter. MCB merupakan pengaman listrik yang bekerja dengan prinsip bimetal dan memiliki dua cara

pemutusan yakni secara *thermal* (panas) dan elektromagnetik. Saat terjadi hubung singkat maka MCB akan memutuskan arus dengan sangat cepat karena menggunakan cara kerja elektromagnetik, namun saat memutuskan arus karena beban lebih maka akan sedikit lambat karena MCB menggunakan cara kerja berdasarkan panas atau *thermal*.

2.9 Power Supply

Power supply adalah frekuensi ke sumber daya listrik. Perangkat atau sistem yang memasok listrik ke *output* beban atau kelompok beban dengan tegangan spesifikasi tertentu. Suatu perangkat elektronika hendaknya dicatu oleh *supply* tegangan dan arus yang sesuai dan 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 tidaklah cukup. Sumber catu daya yang besar salah satunya adalah catu daya bolak balik AC (*Alternating Current*) dari pembangkit tenaga listrik agar dapat digunakan di perangkat elektronik, untuk itu diperlukan suatu perangkat catu daya *power supply* yang dapat mengubah arus AC menjadi DC. Pada Gambar 2.12 berikut merupakan rangkaian dari *power supply*.



Gambar 2. 12 Rangkaian *Power Supply* (Circuit Maker, 2017)

2.10 Relay

Relay adalah suatu piranti yang bekerja berdasarkan elektromagnetik untuk menggerakkan sejumlah kontraktor (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.

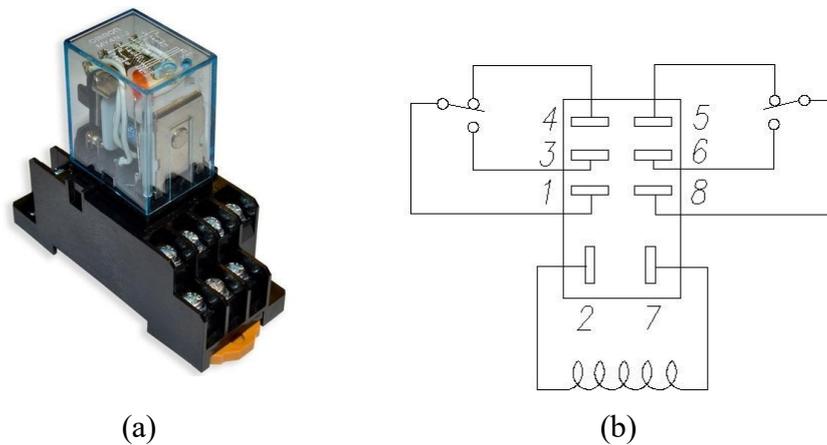
Sebagai komponen elektronika, *relay* mempunyai peran penting dalam sebuah sistem rangkaian elektronika dan rangkaian listrik untuk menggerakkan sebuah perangkat pengendali yang mempunyai arus kecil. Dengan demikian *relay* dapat berfungsi sebagai pengaman.

Ada beberapa jenis *relay* berdasarkan cara kerjanya yaitu :

- *Normally Open* (NO), apabila kontak-kontak tertutup saat *relay* dicatu
- *Normally Closed* (NC), apabila kontak-kontak terbuka saat *relay* dicatu
- *Change Over* (CO), *relay* mempunyai kontak tengah yang normal tertutup, tetapi ketika *relay* dicatu kontak tengah tersebut akan membuat hubungan dengan kontak-kontak yang lain.

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

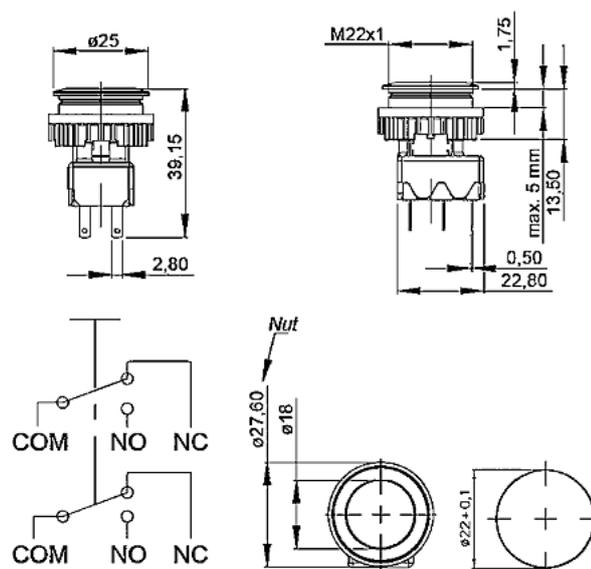
- *Single Pole Single Throw* (SPST) : *Relay* golongan ini memiliki empat Terminal, dua Terminal untuk Saklar dan dua Terminalnya lagi untuk *Coil*.
- *Single Pole Double Throw* (SPDT) : *Relay* golongan ini memiliki lima Terminal, tiga Terminal untuk Saklar dan dua Terminalnya lagi untuk *Coil*.
- *Double Pole Single Throw* (DPST) : *Relay* golongan ini memiliki enam Terminal, diantaranya empat Terminal yang terdiri dari dua Pasang Terminal Saklar sedangkan dua Terminal lainnya untuk *Coil*. *Relay* DPST dapat dijadikan dua Saklar yang dikendalikan oleh satu *Coil*. Gambar 2.13 berikut ini merupakan salah satu contoh dari beberapa *relay*.



Gambar 2. 13 a. Relay Omron (Omron, 2012)
b. Schematic Relay Omron

2.11 Push Button

Pada umumnya saklar *push button* adalah tipe saklar yang hanya kontak sesaat saja saat ditekan dan setelah dilepas maka akan kembali lagi menjadi NO, biasanya saklar tipe NO ini memiliki rangkaian penguncinya yang dihubungkan dengan kontaktor dan tipe NO digunakan untuk tombol *on*. *Push button* ada juga yang bertipe NC, biasanya digunakan untuk tombol *off*. Terdapat 4 konfigurasi saklar *push button* yaitu, Tanpa-pengunci (*no guard*), Pengunci-penuh (*full guard*), *Extended guard*, dan *Mushroom button*. Berikut pada gambar 2.14 merupakan gambar *relay*.



Gambar 2. 14 SPDT Push Button (RS Component, 2017)

2.11.1 Cara Kerja Saklar *Push Button*

Alat ini berfungsi sebagai pemberi sinyal masukan pada rangkaian listrik, ketika / selama bagian knopnya ditekan maka alat ini akan bekerja sehingga kontak-kontaknya akan terhubung untuk jenis *normally open* dan akan terlepas untuk jenis *normally close*, dan sebaliknya ketika knopnya dilepas kembali maka kebalikan dari sebelumnya, untuk membuktikannya pada terminalnya bisa digunakan alat ukur tester / ohm meter. pada umumnya pemakaian terminal jenis NO digunakan untuk menghidupkan rangkaian dan terminal jenis NC digunakan untuk mematikan rangkaian, namun semuanya tergantung dari kebutuhan.

2.12 *Pilot Lamp*

Sebuah Pilot lamp atau dalam bahasa Indonesia lampu pilot merupakan sebuah lampu LED yang biasa digunakan sebagai lampu indikator dalam rangkaian sebuah alat atau mesin. Pilot lamp tersebut dapat bekerja sebagai mestinya jika dialiri daya AC sebesar 220 VAC dengan toleransi 110 –240 VAC. Warna yang dihasilkan Pilot lamp ini adalah lampu putih. Karena fungsinya sebagai lampu indikator, Pilot lamp ini dibuat warna warni sinarnya dengan menambahkan penutup kaca yang berwarna sehingga tampak dari luar berwarna sinar yang dihasilkan. Biasanya warna Pilot lamp ini ada 3 macam yaitu merah, hijau, dan kuning. Gambar 2.15 berikut merupakan contoh dari *pilot lamp* yang sering digunakan.



Gambar 2. 15 a. Fisik *Pilot Lamp*
b. Simbol *Pilot Lamp*

