

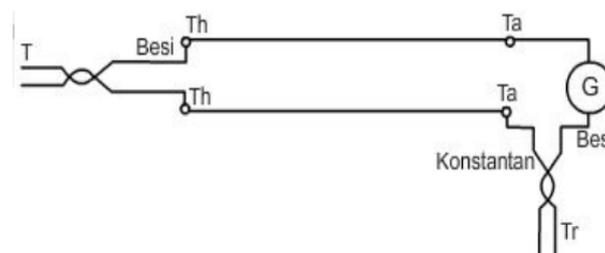
Tipe K terbuat dari (Chromel (Ni-Cr alloy) / Alumel (Ni-Al alloy) dengan rentang suhu $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $+1200\text{ }^{\circ}\text{C}$. (Hery Hartanto, jurnal teknik mesin.2014). Gambar 2.1 Bentuk fisik sensor Termokopel tipe k.



Gambar 2.1 Bentuk Fisik Sensor *Termokopel* Tipe K
(www.aliexpress.com/popular/k-type-thermocouple.html,2017)

2.1.2 Prinsip Kerja Termokopel

Prinsip kerja termokopel secara sederhana berupa dua buah kabel dari jenis logam yang berbeda ujungnya, hanya ujungnya saja, disatukan (dilas). Titik penyatuan ini disebut *hot junction*, seperti yang ada pada gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Sensor *Termokopel*
([Http://e-dukasi.net](http://e-dukasi.net), 2016)

Prinsip kerjanya memanfaatkan karakteristik hubungan antara tegangan (volt) dengan temperatur. Setiap jenis logam, pada temperatur tertentu memiliki tegangan tertentu pula. Pada temperatur yang sama, logam A memiliki tegangan yang berbeda dengan logam B, terjadilah perbedaan tegangan (kecil sekali, miliVolt) yang dapat dideteksi. Jika sebuah batang logam dipanaskan pada salah

satu ujungnya maka pada ujung tersebut elektron-elektron dalam logam akan bergerak semakin aktif dan akan menempati ruang yang semakin luas, elektron-elektron saling desak dan bergerak ke arah ujung batang yang tidak dipanaskan.

Dengan demikian pada ujung batang yang dipanaskan akan terjadi muatan positif. Kerapatan electron untuk setiap bahan logam berbeda tergantung dari jenis logam. Jika dua batang logam disatukan salah satu ujungnya, dan kemudian dipanaskan, maka elektron dari batang logam yang memiliki kepadatan tinggi akan bergerak ke batang yang kepadatan elektronnya rendah, dengan demikian terjadilah perbedaan tegangan diantara ujung kedua batang logam yang tidak disatukan atau dipanaskan. Besarnya termolistrik atau *gem* (gaya electromagnet) mengalir dari titik *hot-juction* ke *cold-juction* atau sebaliknya. Setelah terdeteksi perbedaan tegangan (volt).

Beda tegangan ini *linear* dengan perubahan arus, sehingga nilai arus ini bisa dikonversi kedalam bentuk tampilan *display*. Sebelum dikonversi, nilai arus di komparasi dengan nilai acuan dan nilai *offset* di bagian komparator, fungsinya untuk menerjemahkan setiap satuan amper ke dalam satuan volt kemudian dijadikan besaran temperatur yang ditampilkan melalui layar/monitor berupa *seven segment* yang menunjukkan temperatur yang dideteksi oleh termokopel. Seperti pada tabel 2.1 datasheet termokopel.

(<http://Eprints.polsri.ac.id>, 2016).

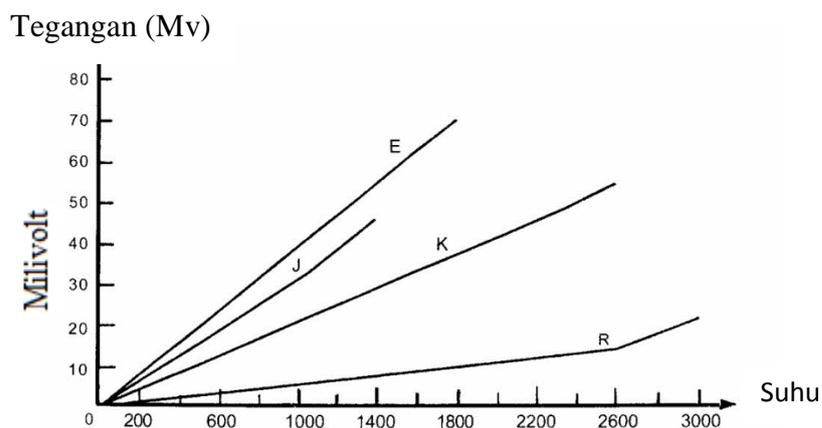
Tabel 2.1 datasheet termokopel.

Tipe	Jenis Bahan	
	Kaki Positif	Kaki Negatif
B	Paduan Platina -30% Rhodium	Platina
E	Paduan Nickel-Chromium (Chromel)	Paduan Tembaga-Nichel
J	Besi	Paduan Tembaga-Nichel
K	Panduan Nickel-Chromium (Chromel)	Paduan Nickel – Alumunium
N	Nicrosil	Nisil
R	Paduan Platina -13% Rhodium	Platina
S	Paduan Platina -10%	Platina
T	Tembaga	Paduan Tembaga - Nickel

(Hery Hartanto, jurnal teknik mesin.2014)

2.1.3 Karakteristik Sensor Termokopel

Sensor termokopel tipe K dapat mendeteksi suhu dari -200°C sampai $+1250^{\circ}\text{C}$, Bahan Logam Konduktor Positif : Nickel-Chromium, Bahan Logam Konduktor Negatif : Nickel-Aluminium. Pada percobaan ini sensor termokopel akan mendeteksi suhu mulai dari 300°C hingga 1000°C . Pada gambar 2.3 akan menunjukkan kurva dari masing – masing jenis termokopel.

**Gambar 2.3** Kurva Sensor Termokopel

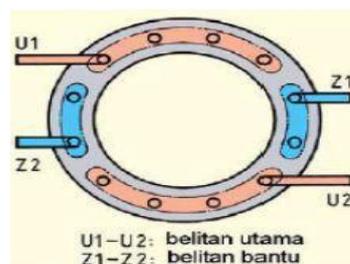
(Elektronika-dasar.web.id)

2.2 Motor Induksi Satu Phasa

Motor induksi adalah salah satu jenis dari motor-motor listrik yang bekerja berdasarkan induksi elektromagnet. Motor induksi memiliki sebuah sumber energi listrik yaitu di sisi stator, sedangkan sistem kelistrikan di sisi rotornya di induksikan melalui celah udara dari stator dengan media elektromagnet. Hal inilah yang menyebabkannya diberi nama motor induksi. Adapun penggunaan motor induksi di industri ini adalah sebagai penggerak, seperti untuk *blower*, kompresor, pompa, penggerak utama proses produksi atau mill, peralatan *workshop* seperti mesin-mesin bor, grinda, *crane*, dan sebagainya.

2.2.1 Prinsip Kerja Motor AC 1 Phasa

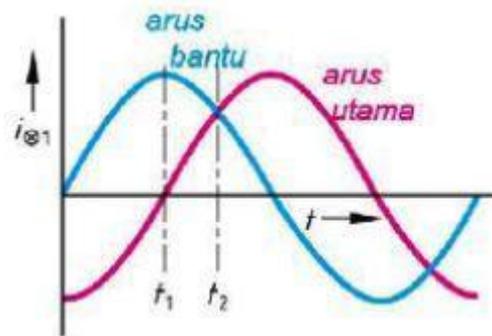
Motor AC satu fasa berbeda cara kerjanya dengan motor AC tiga fasa, dimana pada motor AC tiga fasa untuk belitan statornya terdapat tiga belitan yang menghasilkan medan putar dan pada rotor sangkar terjadi induksi dan interaksi torsi yang menghasilkan putaran. Sedangkan pada motor satu fasa memiliki dua belitan stator, yaitu belitan fasa utama (belitan U1-U2) dan belitan fasa bantu (belitan Z1-Z2) seperti pada gambar 2.4.



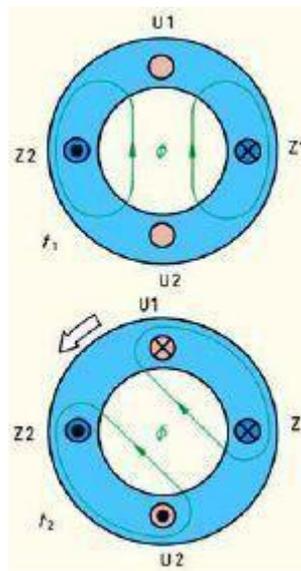
Gambar 2.4 Prinsip Medan Magnet Utama dan Medan magnet Bantu Motor Satu Phasa (Panggraito,2012)

Belitan utama menggunakan penampang kawat tembaga lebih besar sehingga memiliki impedansi lebih kecil. Sedangkan belitan bantu dibuat dari tembaga berpenampang kecil dan jumlah belitannya lebih banyak, sehingga impedansinya lebih besar dibanding impedansi belitan utama.

Grafik arus belitan bantu I_{bantu} dan arus belitan utama I_{utama} berbeda fasa sebesar ϕ , hal ini disebabkan karena perbedaan besarnya impedansi kedua belitan tersebut. Perbedaan arus beda fasa ini menyebabkan arus total, merupakan penjumlahan vektor arus utama dan arus bantu. Medan magnet utama yang dihasilkan belitan utama juga berbeda fasa sebesar ϕ dengan medan magnet bantu. seperti pada gambar 2.5 dan gambar 2.6.



Gambar 2.5 Grafik gelombang arus medan bantu dan arus medan utama (Panggraito,2012)



Gambar 2.6 Grafik Medan magnet pada *Stator* Motor satu Phasa (Panggraito,2012)

Belitan bantu Z1-Z2 pertama dialiri arus I_{bantu} menghasilkan fluks magnet Φ tegak lurus, beberapa saat kemudian belitan utama U1-U2 dialiri arus utama I_{utama} yang bernilai positif. Hasilnya adalah medan magnet yang bergeser sebesar 45° dengan arah berlawanan jarum jam. Kejadian ini berlangsung terus sampai satu siklus sinusoida, sehingga menghasilkan medan magnet yang berputar pada belitan statornya.

Rotor motor satu fasa sama dengan rotor motor tiga fasa yaitu berbentuk batang-batang kawat yang ujung-ujungnya dihubungkan singkatkan dan menyerupai bentuk sangkar tupai, maka sering disebut rotor sangkar. seperti pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Rotor sangkar (Panggraito,2012)

Belitan rotor yang dipotong oleh medan putar stator, menghasilkan tegangan induksi, interaksi antara medan putar stator dan medan magnet rotor akan menghasilkan torsi putar pada rotor.

2.2.2 Jenis – jenis Motor 1 Fasa

1. Motor *Capasitor*

Motor kapasitor satu fasa banyak digunakan dalam peralatan rumah tangga seperti motor pompa air, motor mesin cuci, motor lemari es, motor air conditioning. Konstruksinya sederhana dengan daya kecil dan bekerja dengan tegangan suplai PLN 220 V, oleh karena itu menjadikan motor

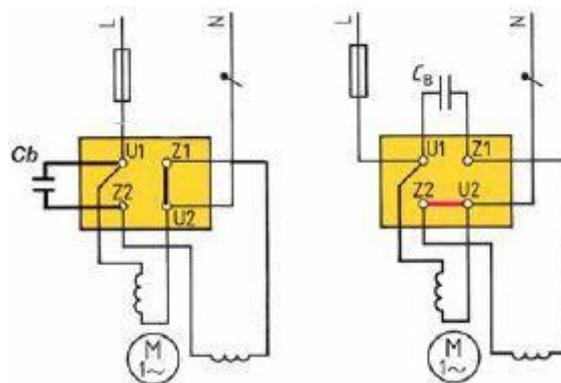
kapasitor ini banyak dipakai pada peralatan rumah tangga. Gambar 2.1 Motor kapasitor.



Gambar 2.8 Motor kapasitor
(Panggraito,2012)

Belitan stator terdiri atas belitan utama dengan notasi terminal U1-U2, dan belitan bantu dengan notasi terminal Z1-Z2 Jala-jala L1 terhubung dengan terminal U1, dan kawat netral N terhubung dengan terminal U2. Kondensator kerja berfungsi agar perbedaan sudut fasa belitan utama dengan belitan bantu mendekati 90° . Pengaturan arah putaran motor kapasitor dapat dilakukan dengan (lihat gambar 2.9):

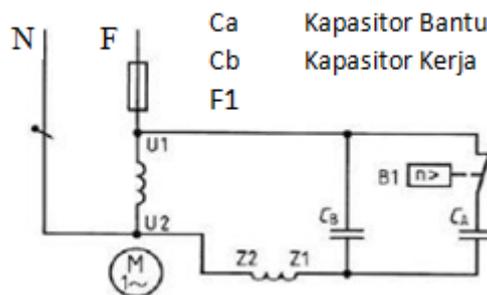
- Untuk menghasilkan putaran ke kiri (berlawanan jarum jam) kondensator kerja CB disambungkan ke terminal U1 dan Z2 dan terminal Z1 dikopel dengan terminal U1.
- Putaran ke kanan (searah jarum jam) kondensator kerja disambung kan ke terminal Z1 dan U1 dan terminal Z2 dikopel dengan terminal U1.



Gambar 2.9 Pengawatan motor kapasitor dengan pembalik putaran.
(Panggraito,2012)

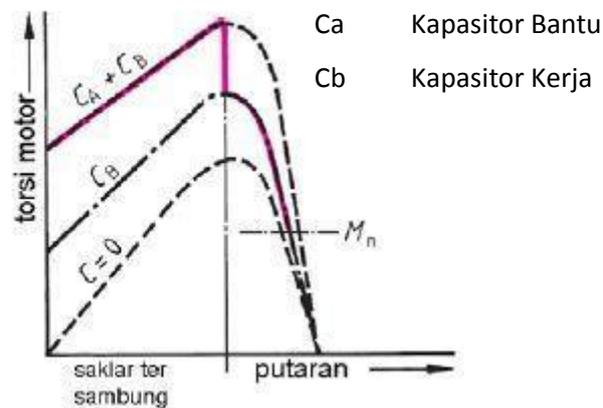
Motor kapasitor dengan daya diatas 1 KW di lengkapi dengan dua buah kondensator dan satu buah saklar sentrifugal. Belitan utama U1-U2 dihubungkan dengan jala-jala L1 dan Netral N. Belitan bantu Z1-Z2 disambungkan seri dengan kondensator kerja CB, dan sebuah kondensator starting CA diseri dengan kontak *normally close* (NC) dari saklar sentrifugal, lihat gambar 2.10.

Awalnya belitan utama dan belitan bantu mendapatkan tegangan dari jala-jala L1 dan Netral. Kemudian dua buah kondensator CB dan CA, keduanya membentuk *loop* tertutup sehingga rotor mulai berputar, dan ketika putaran mendekati 70% putaran nominalnya, saklar sentrifugal akan membuka dan kontak *normally close* memutuskan kondensator bantu CA.



Gambar 2.10. Pengawatan dengan Dua Kapasitor
(Panggraito,2012)

Fungsi dari dua kondensator yang disambungkan parallel, CA+CB, adalah untuk meningkatkan nilai torsi awal untuk mengangkat beban. Setelah putaran motor mencapai 70% putaran, saklar sentrifugal terputus sehingga hanya kondensator kerja CB saja yang tetap bekerja. Jika kedua kondensator rusak maka torsi motor akan menurun drastis, lihat gambar 2.11.



Gambar 2.11 Karakteristik Torsi Motor kapasitor
(Panggraito,2012)

2. Motor *Shaded Pole*

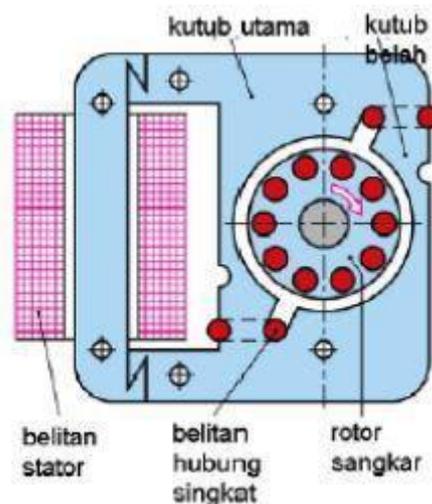
Motor *shaded pole* atau motor fasa terbelah termasuk motor satu fasa daya kecil, dan banyak digunakan untuk peralatan rumah tangga sebagai motor penggerak kipas angin, blender. Konstruksinya sangat sederhana, pada kedua ujung stator ada dua kawat yang terpasang dan dihubungkan singkatkan fungsinya sebagai pembelah fasa.

Belitan stator dibelitkan sekeliling inti membentuk seperti belitan transformator. Rotornya berbentuk sangkar tupai dan porosnya ditempatkan pada rumah stator ditopang dua buah *bearing*. Lihat gambar 2.12.



Gambar 2.12 motor *shaded pole*, Motor fasa terbelah.
(Panggraito,2012)

Irisan penampang motor *shaded pole* memperlihatkan dua bagian, yaitu bagian stator dengan belitan stator dan dua kawat *shaded pole*. Bagian rotor sangkar ditempatkan di tengah-tengah stator, lihat gambar 2.13.

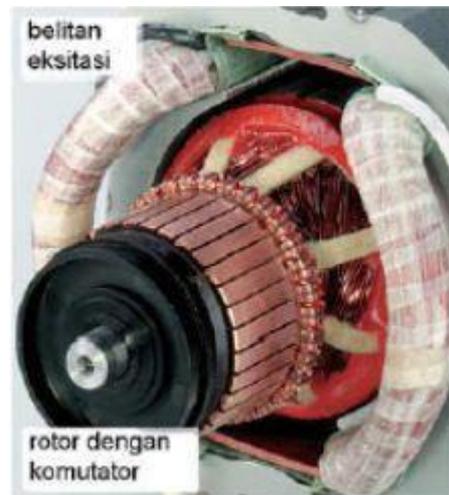


Gambar 2.13 Penampang motor *shaded pole*
(Panggraito,2012)

Torsi putar dihasilkan oleh adanya pembelahan fasa oleh kawat shaded pole. Konstruksi yang sederhana, daya yang kecil, handal, mudah dioperasikan, bebas perawatan dan cukup di suplai dengan Tegangan AC 220 V, jenis motor *shaded pole* banyak digunakan untuk peralatan rumah tangga kecil.

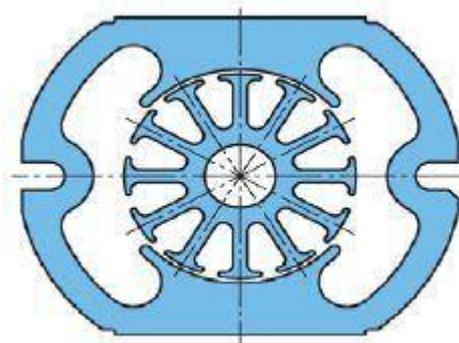
3. Motor *Universal*

Motor *Universal* termasuk motor satu fasa dengan menggunakan belitan stator dan belitan rotor. Motor universal dipakai pada mesin jahit, motor bor tangan. Perawatan rutin dilakukan dengan mengganti sikat arang yang memendek atau pegas sikat arang yang lembek. Kontruksinya yang sederhana, handal, mudah dioperasikan, daya yang kecil, torsinya yang cukup besar motor universal dipakai untuk peralatan rumah tangga. Lihat gambar 2.14.



Gambar 2.14 komutator pada motor universal.
(Panggraito,2012)

Bentuk stator dari motor universal terdiri dari dua kutub stator. Belitan rotor memiliki dua belas alur belitan dan dilengkapi komutator dan sikat arang yang menghubungkan secara seri antara belitan stator dengan belitan rotornya. Motor universal memiliki kecepatan tinggi sekitar 3000 rpm. Lihat gambar 2.15.

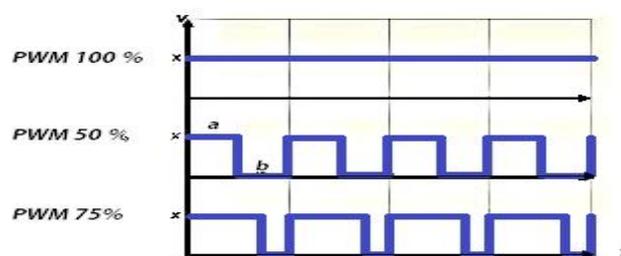


Gambar 2.15 stator dan rotor motor universal
(Panggraito,2012)

Aplikasi motor *universal* untuk mesin jahit, untuk mengatur kecepatan dihubungkan dengan tahanan geser dalam bentuk pedal yang ditekan dan dilepaskan.

2.3. Pengaturan Motor ac Menggunakan *Pulse Width Modulation*

Pulse Width Modulation adalah suatu teknik manipulasi dalam pengemudi motor (atau perangkat elektronik berarus besar lainnya) yang menggunakan prinsip *cut-off* dan saturasi. *Pulse-Width Modulation* dapat juga diartikan sebagai sebuah teknik untuk membangkitkan sinyal keluaran yang periodenya berulang-ulang berupa *high* dan *low* yang dapat mengontrol durasi sinyal *high* dan *low* sesuai dengan yang diinginkan (Endra Pitowarno, 2006 : 90). Gambar 2.16 menunjukkan ilustrasi dari bentuk gelombang *Pulse Width Modulation* itu sendiri.



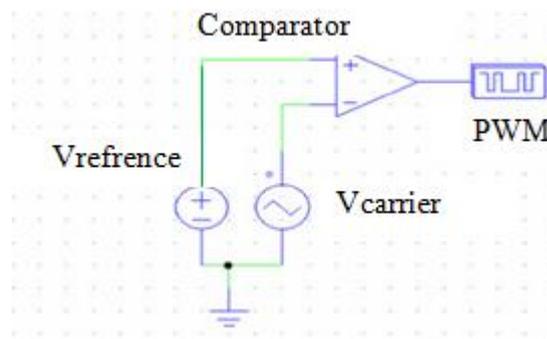
Gambar 2.16 Ilustrasi PWM (Andrianto,2016)

Salah satu cara untuk mengatur kecepatan putar motor ac adalah dengan metode *modulasi* lebar pulsa. Gambar dibawah ini menunjukkan ilustrasi *Pulse Width Modulation*, 100%, 50%, dan 75%. Sumbu *vertikal* menunjukkan besarnya tegangan dan sumbu *horizontal* menunjukkan waktu. *x* menandakan tegangan maksimum dari suatu sistem.

2.3.1 Jenis – jenis PWM

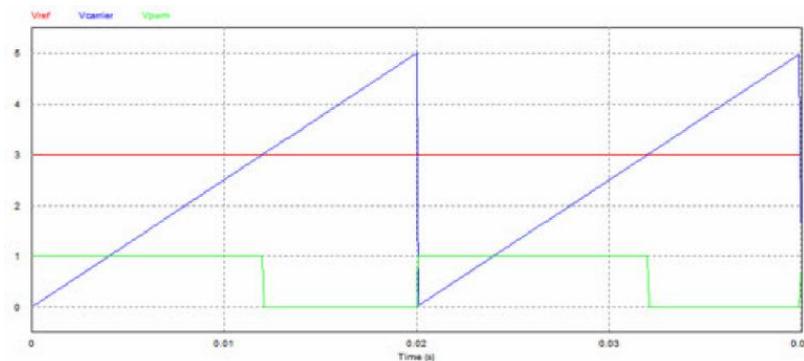
1. *Analog*

Pembangkitan sinyal *Pulse-Width Modulation* yang paling sederhana adalah dengan cara membandingkan sinyal gigi gergaji sebagai tegangan *carrier* dengan tegangan *referensi* menggunakan rangkaian *op-amp comparator*. Gambar 2.17 merupakan rangkaian *Pulse width modulation analog*.



Gambar 2.17 Rangkaian *Pulse-Width Modulation analog* (Andrianto,2016)

Cara kerja dari *comparator analog* ini adalah membandingkan gelombang tegangan gigi gergaji dengan tegangan *referensi* seperti yang terlihat pada gambar dibawah. Gambar 2.18 menggambarkan pembentukan sinyal *Pulse Width Modulation*.



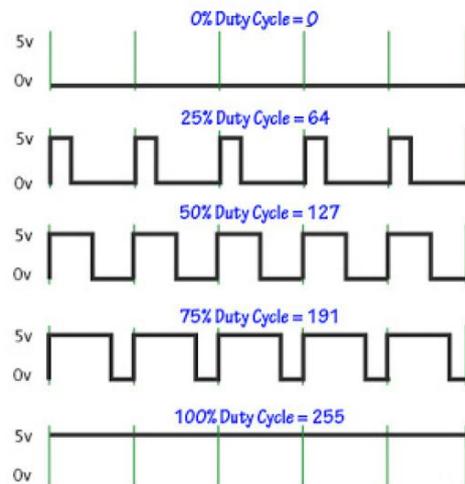
Gambar 2.18 Pembentukan sinyal *Pulse Width Modulation* (Andrianto,2016)

Saat nilai tegangan *referensi* lebih besar dari tegangan *carrier* (gigi gergaji) maka *output comparator* akan bernilai *high*. Namun saat tegangan *referensi* bernilai lebih kecil dari tegangan *carrier*, maka *output comparator* akan bernilai *low*. Dengan memanfaatkan prinsip kerja dari *comparator* inilah, untuk mengubah *duty cycle* dari sinyal *output* cukup dengan mengubah-ubah besar tegangan *referensi*. Besarnya *duty-cycle* rangkaian *Pulse Width Modulation* ini.

$$\text{Duty - Cycle} = \frac{V_{\text{reference}}}{V_{\text{carrier}}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.1)$$

2. Digital

Pada metode *digital* setiap perubahan PWM (*Pulse Width Modulation*) dipengaruhi oleh *resolusi* dari PWM (*Pulse Width Modulation*) itu sendiri. Misalkan PWM (*Pulse Width Modulation*) *digital 8 bit* berarti PWM (*Pulse Width Modulation*) tersebut memiliki *resolusi* $2^8 = 256$, maksudnya nilai keluaran PWM (*Pulse Width Modulation*) ini memiliki 256 variasi, variasinya mulai dari 0 – 255 yang mewakili *duty cycle* 0 – 100% dari keluaran PWM tersebut. Seperti pada Gambar 2.19.



Gambar 2.19 Duty Cycle dan Resolusi PWM (Andrianto,2016)

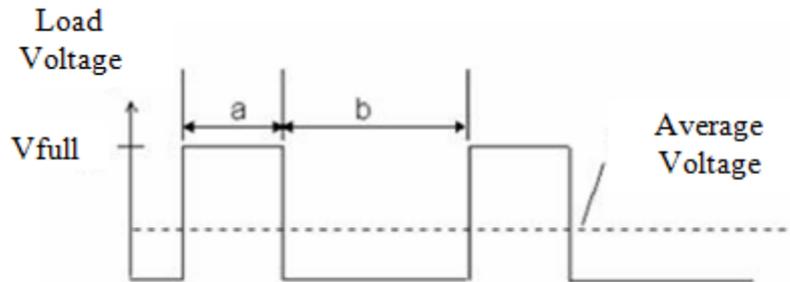
2.3.2 Perhitungan *duty cycle* PWM (*Pulse Width Modulation*)

Dengan cara mengatur lebar pulsa “*on*” dan “*off*” dalam satu perioda gelombang melalui pemberian besar sinyal *referensi output* dari suatu PWM akan didapat *duty cycle* yang diinginkan. *Duty cycle* dari PWM dapat dinyatakan sebagai

$$\text{Duty Cycle} = \frac{t_{\text{on}}}{(t_{\text{on}} + t_{\text{off}}) \times} 100\% \dots \dots \dots (2.2)$$

Duty cycle 100% berarti sinyal tegangan pengatur motor dilewatkan seluruhnya. Jika tegangan catu 100V, maka motor akan mendapat tegangan 100V. pada *duty cycle* 50%, tegangan pada motor hanya akan diberikan 50% dari total tegangan yang ada, begitu seterusnya.

Perhitungan Pengontrolan tegangan *output* motor dengan metode *Pulse-Width Modulation* Metode *Pulse-Width Modulation* cukup sederhana, yang ditunjukkan seperti gambar 2.20 dibawah ini.



Gambar 2.20 Metode PWM (*Pulse-Width Modulation*) (Andrianto,2016)

Dengan menghitung *duty cycle* yang diberikan, akan didapat tegangan *output* yang dihasilkan. Sesuai dengan rumus yang telah dijelaskan pada gambar.

$$\text{Average Voltage} = \frac{a}{a+b} \times V_{full} \dots \dots \dots (2.3)$$

Average voltage merupakan tegangan *output* pada motor yang dikontrol oleh sinyal PWM Metode *Pulse-Width Modulation*. “a” adalah nilai *duty cycle* saat kondisi sinyal “on”. “b” adalah nilai *duty cycle* saat kondisi sinyal “off”. *V_{full}* adalah tegangan *maksimum* pada motor. Dengan menggunakan rumus diatas, maka akan didapatkan tegangan *output* sesuai dengan sinyal kontrol *Pulse-Width Modulation* yang dibangkitkan.

2.4 PLC (*Programmable Logic Controller*)

PLC (*Programmable Logic Controller*) 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 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. (Pradana,A, 2015)

Pada umumnya, sebuah sistem PLC memiliki lima komponen dasar, yaitu

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 program melalui *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,Habib.jurnal laporan akhir,2016)

2.4.1 PLC (*Programmable Logic Controller*) TWIDO

Twido adalah sebuah perangkat yang diciptakan untuk memudahkan dalam pembuatan program otomatis kontrol listrik dari suatu proses atau sistem. PLC Twido menggunakan Twido Suite sebagai software simulasinya. Twidosuite menggunakan bahasa khusus yang sudah dikenal dengan baik oleh mereka yang berkecimpung di bidang teknik kontrol listrik yaitu ladder dan statement list. Gambar Plc Schneider Twido pada gambar 2.21.



Gambar 2.21 PLC Schneider Twido

(<http://plcschneider.com/twido.html> , 2016)

Twidosuite adalah software yang digunakan untuk memprogram PLC Twido. Software ini dapat digunakan untuk memprogram semua type PLC Twido. Pada Twidosuite bahasa pemrograman yang paling umum digunakan adalah *ladder diagram* dimana program dinyatakan dalam bentuk simbol atau gambar yang mirip dengan rangkaian kontrol menggunakan relay.

PLC Twido memiliki fungsi pewaktu real, hal ini didapat dengan menambahkan modul option RTC (*Real Time Clock*) pada modul pengontrol, dan menyediakan yaitu pertama *Schedule Blocks* yang digunakan untuk mengendalikan aksi pewaktuan. Kedua, *Time/date stamping* yang digunakan untuk menandai waktu *event* dan menghitung lamanya *event*. Koreksi nilai RTC

dilakukan pada *operator controller* yang terdapat pada menu *controller*, cocokkan dengan waktu yang sebenarnya. *Schedule blocks* digunakan untuk mengendalikan aksi penentuan bulan, hari, dan waktu. Maksimum *schedule blocks* dalam pemrograman PLC memerlukan *schedule blocks*.

PWM (*Pulse Width Modulation*) adalah salah satu teknik untuk mengatur kecepatan motor DC dan motor AC yang umum digunakan. Dengan menggunakan PWM kita dapat mengatur kecepatan yang diinginkan dengan mudah. PWM didalam PLC berbentuk dalam blok PWM yang berfungsi menghasilkan sinyal kotak pada output yang sudah ditentukan, dengan fungsi PWM ini dapat menentukan periode sinyal dan *duty cyclenya*. Lihat tabel 2.2

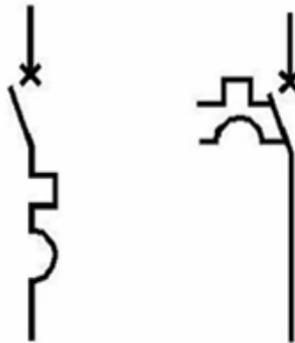
Tabel 2.2 Parameter – parameter yang terdapat pada blok fungsi PWM

Parameter	Label	Deskripsi
Time base	TB	0.142 ms, 0.57 ms, 1 s (<i>default value</i>)
Preset	%PWM.P	0<%PWMi.P <= 32767 untuk time base 10 ms atau 1 s 0<%PWMi.P <= 255 untuk time base 0.57 ms atau 0.142 s 0 = jika tidak digunakan
<i>Duty Cycle</i>	%PWM.R	Nilai ini menunjukkan persentasi lamanya high (1) dalam 1 periode. Dapat ditunjukkan dengan persamaan: $Tp = T * (\%PWMi.R / 100)$. %PWMi.R = mengatur nilai <i>duty cycle</i> dari periodanya (0<=%OWMi.R <= 100)
<i>Pulse generation input</i>	IN	Blok PWM akan bekerja jika IN-nya diberi nilai 1.

(Schneider Indonesia, Training Handouts. 2015)

2.5 MCB (*Miniature Circuit Breker*)

MCB (*Miniature Circuit Breaker*) atau pemutus tenaga berfungsi untuk memutuskan suatu rangkaian apabila ada arus yang mengalir dalam rangkaian atau beban listrik yang melebihi kemampuan. Misalnya adanya konsleting dan lainnya. Pemutus tenaga ini ada yang untuk satu fasa dan ada yang untuk tiga fasa. Untuk tiga fasa terdiri dari tiga buah pemutus tenaga satu fasa yang disusun menjadi satu kesatuan. Pemutus tenaga mempunyai 2 posisi, saat menghubungkan maka antara terminal masukan dan terminal keluaran MCB akan kontak. Lihat gambar 2.22.



Gambar 2.22 Simbol MCB

(Catalog MCB Merlin Gerin. Jakarta:PT.Schneider Indonesia. P.23)

Adapun cara menyentuh bagian putih dari MCB, apakah panas atau tidak :

1. Apabila tidak panas

Kemungkinan ada bagian instalasi yang terjadi hubung singkat, biasanya bila instalasi yang terjadi hubung singkat tersebut telah diperbaiki. MCB langsung dapat dinyalakan. Jika sesudah beberapa menit MCB tersebut tetap tidak bisa dinyalakan kembali, artinya MCB tersebut sudah rusak.

2. Apabila panas

Itu menandakan MCB mengalami kelebihan beban dalam waktu yang cukup lama, tunggu beberapa menit baru menyalakan MCB tersebut. Biasanya apabila langsung dinyalakan, MCB akan langsung turun

kembali, hal ini disebabkan oleh bimetal yang memuai dan membutuhkan waktu untuk kembali ke bentuk semula. Bila sesudah beberapa menit, MCB tersebut tetap tidak bisa dinyalakan artinya MCB tersebut sudah rusak. Gambar contoh MCB di tunjukan pada gambar 2.23. (<http://digilib.mercubuana.ac.id,2017>)



Gambar 2.23 MCB (*Miniature Circuit Breaker*)

2.6 Transformator

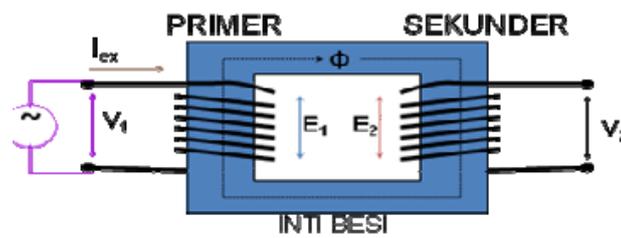
Transformer adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energilistrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain, melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Contoh gmbar transformator ada pada gambar 2.24.



Gambar 2.24 Transformator

2.6.1 Prinsip Kerja Transformator

Prinsip kerja suatu transformator adalah induksi bersama (mutual induction) antaradua rangkaian yang dihubungkan oleh fluks magnet. Dalam bentuk yang sederhana, transformator terdiri dari dua buah kumparan yang secara listrik terpisah tetapi secara magnetdihubungkan oleh suatu alur induksi. Kedua kumparan tersebut mempunyai mutual induction yang tinggi. Jika salah satu kumparan dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, fluks bolak-balik timbul di dalam inti besi yang dihubungkan dengan kumparan yang lain menyebabkan atau menimbulkan ggl (gaya gerak listrik) induksi (sesuai dengan induksi elektromagnet) dari hukum faraday. Lihat gambar 2.25.



Gambar 2.25 Simbol Trafo

(staff.ui.ac.id/system/files/users/chairul.hudaya/material/transformerpaper.pdf)

Berdasarkan hukum Faraday yang menyatakan *magnitude dari electromotive force(emf) proporsional terhadap perubahan fluks terhubung* dan hukum Lenz yang menyatakan *arah dari emf berlawanan dengan arah fluks sebagai reaksi perlawanan dari perubahanfluks tersebut* didapatkan persamaan :

$$e = \frac{d\varphi}{dt} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

e = emf sesaat (*instantaneous emf*)

φ = Fluks Terhubung (*Linked Flux*)

Dan persamaan transformator idela yang dieksitasi dengan sumber sinusoidal berlaku persamaan :

$$E = 4,44 \cdot \Phi_m N f \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

E = Tegangan

N = Jumlah Lilitan

Φ_m = Fluks Puncak

F = Frekuensi

Dan persamaan:

$$\frac{E_1 N_1}{E_2 N_2} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dikarenakan pada transformer ideal seluruh *mutual flux* yang dihasilkan salah satu kumparan akan diterima seutuhnya oleh kumparan yang lainnya tanpa adanya *leakage flux* maupun loss lain misalnya berubah menjadi panas. Atas dasar inilah didapatkan persamaan:

$$P_1 = P_2$$

$$V_1 \cdot I_1 = V_2 \cdot I_2$$

$$N_1 \cdot I_1 = N_2 \cdot I_2 \dots \dots \dots (2.7)$$

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. 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 (Friedolin H.T, 2010 : 4). Gambar 2.26 dibawah ini adalah salah satu contoh dari *power supply*. (habib,firmansyah.laporan akhir,2016)



Gambar 2.26 *Power Supply*

2.8 *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 kontakpun menutup atau membuka. *Relay* mempunyai anak kontak yaitu NO (*Normally Open*) dan NC (*Normally Close*).

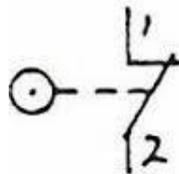
Cara kerja komponen ini dimulai pada saat mengalirnya arus listrik melalui koil, lalu membuat medan magnet sekitarnya merubah posisi saklar sehingga menghasilkan arus listrik yang lebih besar. Bentuk komponen *relay* dapat dilihat pada gambar 2.27 (K.B.A Walangare dkk, 2013 : 5 – 6). (firmansyah,habib.laporan akhir,2016)



Gambar 2.27 Rangkaian *Relay*

2.9 Switch / Saklar

Switch / Saklar pada dasarnya adalah suatu alat yang dapat atau berfungsi menghubungkan atau memutuskan aliran listrik (arus listrik) baik itu pada jaringan arus listrik kuat maupun pada jaringan arus listrik lemah. Yang membedakan saklar arus listrik kuat dan saklar arus listrik lemah adalah bentuknya kecil jika dipakai untuk peralatan elektronika arus lemah, demikian pula sebaliknya semakin besar saklar yang digunakan jika aliran arus listrik semakin besar. Pada gambar 2.28 merupakan symbol dari saklar.



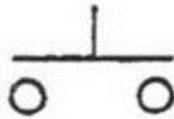
Gambar 2.28 Simbol Saklar

(dinus.ac.id/repository/docs/ajar/MODUL_1_BUTTON,_RELAY,_MOTOR.pdf)

2.9.1 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:

- a. Tanpa-pengunci (no guard),
- b. Pengunci-penuh (full guard),
- c. Extended guard, dan
- d. Mushroom button.



Gambar 2.29 Simbol Push Button

(dinus.ac.id/repository/docs/ajar/MODUL_1_BUTTON,_RELAY,_MOTOR.pdf)

2.10 LED (*Light Emitting Diode*)

LED (*Light Emitting Diode*) merupakan komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya. Pada alat ini digunakan LED panel yang terdiri dari tiga warna yaitu merah, kuning, dan hijau yang digunakan sebagai penanda mulai bekerjanya alat atau telah selesainya alat serta sebagai media untuk melihat tingkat kecerahan yang dihasilkan oleh LED panel itu sesuai dengan kecepatan motor yang dihasilkan. Pada gambar 2.30 contoh dari led panel.



Gambar 2.30 LED Panel

2.11 Termometer

Suhu adalah besaran yang menyatakan derajat panas dingin suatu benda dan alat yang digunakan untuk mengukur suhu adalah termometer. Dalam kehidupan sehari-hari masyarakat untuk mengukur suhu cenderung menggunakan indera peraba. Tetapi dengan adanya perkembangan teknologi maka diciptakanlah termometer untuk mengukur suhu dengan valid.

Pembuatan termometer pertama kali dipelopori oleh Galileo Galilei (1564 – 1642) pada tahun 1595. Alat tersebut disebut dengan termoskop yang berupa labu kosong yang dilengkapi pipa panjang dengan ujung pipa terbuka. Mula-mula dipanaskan sehingga udara dalam labu mengembang. Ujung pipa yang terbuka kemudian dicelupkan kedalam cairan berwarna. Ketika udara dalam tabu menyusut, zat cair masuk kedalam pipa tetapi tidak sampai labu. Beginilah cara kerja termoskop. Untuk suhu yang berbeda, tinggi kolom zat cair di dalam pipa juga berbeda. Tinggi kolom ini digunakan untuk menentukan suhu. Prinsip kerja termometer buatan Galileo berdasarkan pada perubahan volume gas dalam labu. Tetapi dimasa ini termometer yang sering digunakan terbuat dari bahan cair misalnya raksa dan alkohol. Prinsip yang digunakan adalah pemuaian zat cair ketika terjadi peningkatan suhu benda.

Air raksa digunakan sebagai pengisi termometer karena air raksa mempunyai keunggulan :

1. Air raksa penghantar panas yang baik
2. Pemuaiannya teratur
3. Titik didihnya tinggi
4. Warnanya mengkilap
5. Tidak membasahi dinding

(suhu dan tekanan.pdf.usu,2017)



Gambar 2.31 Termometer Air Raksa

Pada tabel 2.3 yang menunjukkan perbandingan antara *Termokopel* dan Termometer.

Tabel 2.3 Perbandingan *Termokopel* dan Termometer

Parameter	<i>Termometer</i> Tahanan	Termokopel
Akurasi / Ketidakpastian	Lebih Akurat	Kurang Akurat
Rentang Ukur	Lebih Sempit	Lebih Luas
Stabilitas	Bagus	Sedang
Harga	Lebih Mahal	Lebih Murah
Sensor	Stem	Ujung / Sambungan
Respon	Lebih Lambat	Lebih Cepat
Ukuran	Lebih Besar	Sangat Kecil
Titik Acuan	Tidak Diperlukan	Diperlukan

2.12 Solder

Solder dapat diartikan sebagai alat yang mengubah energi listrik menjadi energi panas. Solder ini dapat bekerja ketika kabel pada solder dihubungkan ke power kemudian tunggu beberapa menit hingga ujung solder dalam keadaan cukup panas. Dalam pemanfaatannya solder biasanya digunakan untuk mencairkan timah yang kemudian akan dipasangkan pada komponen yang sudah disusun sedemikian di atau papan PCB (*Printed Circuit Board*).

Pada alat pengatur kecepatan motor AC ini, solder digunakan sebagai alat pemanas untuk sensor *Termokopel*. Setelah dilakukan percobaan dengan memakai termometer air raksa ternyata panasnya solder ini dapat mencapai pada suhu 100⁰C. Dengan demikian solder ini akan dipakai sebagai pemanas untuk sensor *Termokopel*.

2.13 Pengertian Sistem SCADA

Sistem SCADA adalah suatu metode dalam sistem kontrol, dimana operator dapat melakukan fungsi kontrol (*controlling*), pengawasan (*monitoring*) dan pengambilan serta perekaman data (*data acquisition*) dari sebuah sistem yang sedang bekerja. SCADA dapat difungsikan sebagai sistem yang dapat mengumpulkan informasi atau data-data dari lapangan dan kemudian mengirimkan-nya ke sebuah komputer sentral yang akan mengatur dan

mengontrol data-data tersebut. Sistem SCADA tidak hanya digunakan dalam proses-proses industri, misalnya, pabrik baja, pembangkit, dan pendistribusian tenaga listrik (konvensional maupun nuklir), pabrik kimia, tetapi juga pada beberapa fasilitas eksperimen seperti fusi nuklir.

2.13.1 Fungsi SCADA

SCADA dapat digunakan untuk mengatur berbagai macam peralatan. Biasanya sistem SCADA pada PLC digunakan untuk melakukan proses industri yang kompleks secara otomatis, dapat menggantikan tenaga manusia dan biasanya merupakan proses-proses yang melibatkan faktor-faktor kontrol yang lebih banyak dan berbahaya, serta faktor-faktor kontrol gerakan cepat, dan lain sebagainya. SCADA dapat digunakan dalam aplikasi-aplikasi yang membutuhkan kemudahan dalam pemantauan sekaligus juga pengontrolan, dengan berbagai macam media *interface* dan komunikasi yang tersedia saat ini. Berikut ini beberapa hal yang bisa dilakukan dengan sistem SCADA:

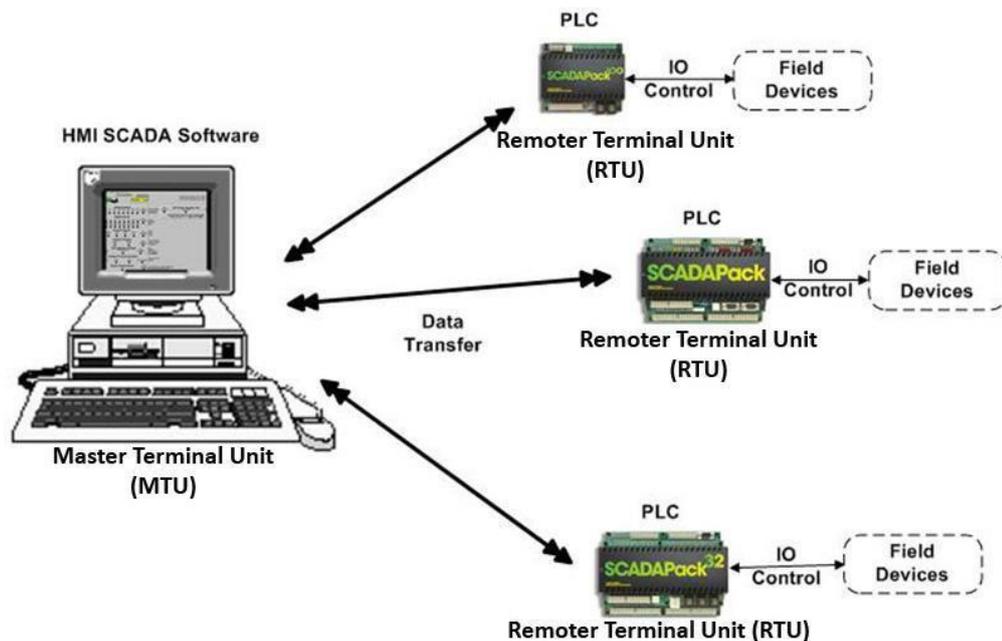
- Mengakses pengukuran kuantitatif dan proses-proses yang penting, secara langsung saat itu maupun sepanjang waktu.
- Mendeteksi dan memperbaiki kesalahan secara cepat.
- Mengontrol proses-proses yang lebih besar dan kompleks dengan staf-staf terlatih yang lebih sedikit.

Sebuah sistem SCADA memberikan keleluasaan dalam mengatur maupun mengkonfigurasi sistem. Semakin banyak hal yang bisa dipantau, semakin detail operasi yang dilihat, dan semuanya bekerja secara *real-time*. Sehingga sekompleks apapun proses yang ditangani oleh PLC, operator dari *plant* bisa melihat operasi proses dalam skala yang besar maupun kecil, dan operator bisa melakukan penelusuran jika terjadi kesalahan untuk meningkatkan efisiensi.

2.13.2 Perangkat Keras Sistem SCADA

Ada banyak bagian dalam sebuah sistem SCADA. Sebuah sistem SCADA biasanya memiliki perangkat keras sinyal untuk memperoleh dan mengirimkan I/O, kontroler, jaringan, antarmuka pengguna dalam bentuk HMI (*Human*

Machine Interface), piranti komunikasi dan beberapa perangkat lunak pendukung. Semua itu menjadi satu sistem, jadi istilah SCADA merujuk pada sistem pusat keseluruhan. Sistem sentral ini biasanya melakukan pemantauan data-data dari berbagai macam sensor di lapangan atau bahkan dari tempat-tempat yang lebih jauh lagi (*remote locations*). Gambar 2.33. merupakan bagian perangkat keras sistem SCADA.



Gambar 2.32 Bagian Perangkat Keras Sistem SCADA
(Arief,2015)

Sistem pemantauan dan kontrol industri biasanya terdiri dari sebuah *host* sentral atau master (biasa dinamakan sebagai *master station*, *master terminal unit* atau MTU), salah satu atau lebih unit-unit pengumpul dan kontrol data lapangan (biasa dinamakan *remote station*, *remoter terminal unit* atau RTU) dan sekumpulan perangkat lunak standar maupun *customized* yang digunakan untuk memantau dan mengontrol elemen- elemen data di lapangan. Sebagian besar sistem SCADA banyak menggunakan komunikasi jarak jauh, walaupun demikian ada beberapa elemen menggunakan komunikasi jarak dekat. Ada dua elemen dalam aplikasi SCADA, yaitu:

- Proses, sistem, mesin yang akan dipantau dan dikontrol, bisa berupa *power plant*, sistem pengairan, jaringan komputer, sistem lampu trafik lalu-lintas atau *plant* apa saja.
- Sebuah jaringan peralatan “cerdas” dengan *interface* ke sistem melalui *sensor* dan kontrol *output*. Jaringan yang merupakan sistem SCADA, akan mempermudah untuk melakukan pemantauan dan pengontrolan komponen-komponen sistem yang melalui *sensor* dan kontrol *output* tersebut.

2.13.3 Perangkat Lunak Sistem SCADA

Sistem SCADA mengacu pada kerja PLC, dimana pada PC akan ditunjukkan dan ditampilkan simulasi dan tombol kontrol pada *plant* secara *real-time* dari sistem dengan bantuan perangkat lunak SCADA (dalam hal ini menggunakan program Vijeo Citect). Jadi PC akan memiliki fungsi untuk melakukan *controlling* dan *monitoring plant*. Perangkat lunak SCADA didukung oleh fitur-fitur untuk menampilkan proses dari sistem dengan memanfaatkan *data acquisition*. Sedangkan untuk menghubungkan perangkat lunak SCADA dengan PC agar dapat dikontrol dan diamati oleh operator serta dengan PLC yang bekerja pada *plant*, maka dibutuhkan media komunikasi seperti jalur komunikasi serial pada PC (*serial port PC*). Pada perangkat lunak sistem SCADA biasanya mempunyai fitur-fitur kunci untuk mendukung kerja sistem SCADA tersebut yaitu:

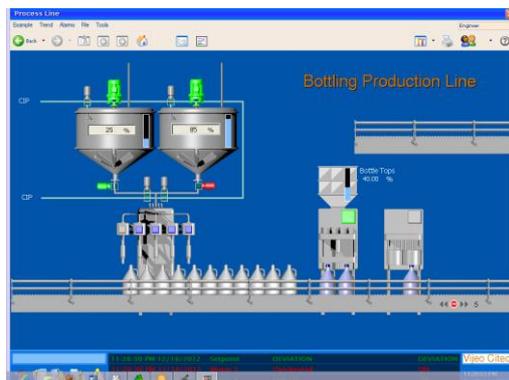
- *Human Machine Interface*

Tampilan yang memudahkan manusia (operator) untuk memahami atau mengendalikan mesin (sistem, *plant*) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.35.



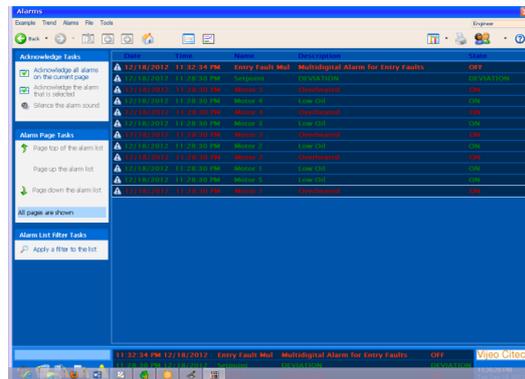
Gambar 2.33 *Human Machine Interface* (Arief,2015)

- *Graphic Displays*
Tampilan grafis, bukan hanya angka, untuk mempermudah pengamatan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.36.



Gambar 2.34 *Graphic Displays* (Arief,2015)

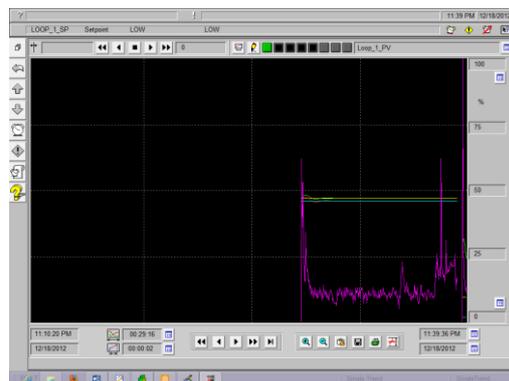
- *Alarms*
Alarm untuk memberi peringatan saat sistem dalam kondisi *abnormal*. Gambar 2.37 merupakan contoh *alarms* pada sistem SCADA.



Gambar 2.35 Contoh *Alarms* pada sistem SCADA (Arief,2015)

- *Trend*

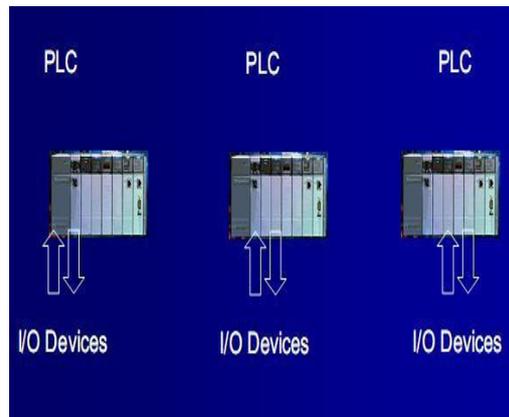
Trend ialah grafik garis yang menggambarkan kondisi atau status suatu *device*. Gambar 2.38 merupakan contoh *trends* pada sistem SCADA.



Gambar 2.36 Contoh *trend* pada sistem SCADA (Arief,2015)

- *RTU / PLC Interface*

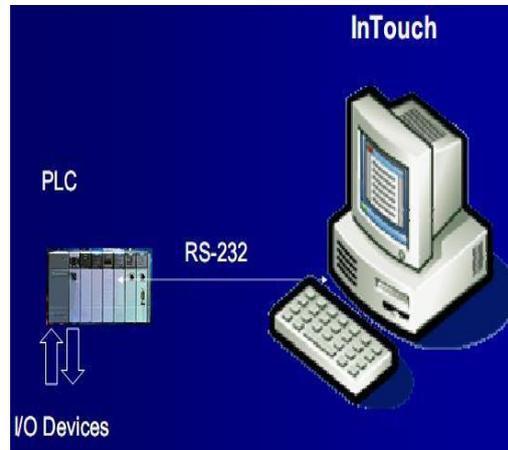
Bagian program yang menghubungkan PLC dengan perangkat lunak SCADA. Gambar 2.39 merupakan RTU atau PLC pada sistem SCADA.



Gambar 2.37 RTU pada sistem SCADA (Arief,2015)

- *Networking*

Program ini dapat berjalan dalam suatu jaringan, baik pada LAN maupun *Internet*. Gambar 2.40 merupakan contoh komunikasi serial pada sistem SCADA.



Gambar 2.38 Komunikasi *Serial* sistem SCADA (Arief,2015)

- *Scalability / Expandability*

Program dapat diperluas tanpa mengganggu program lama yang sudah ada.

- *Acees to data*

Program memiliki akses pada data tertentu yang diinginkan.

- *Database*
Penyimpanan data kedalam *Database*.
- *Fault tolerance and redundancy*
Program memiliki toleransi tertentu terhadap kesalahan yang terjadi. Sistem SCADA juga harus bersifat *redundant*, dimana saat MTU utama *down* akan digantikan oleh MTU cadangan.
- *Client / server distributed processing*
Pemrosesan data bersifat *distributed*, dimana *server* maupun *client* memiliki bagian pemrosesan sendiri.