

Modul 1

Transistor sebagai saklar (Saklar Elektronik)

Hasil Pembelajaran :

Mahasiswa dapat memahami dan menjelaskan karakteristik dari transistor sebagai saklar.

Tujuan

Bagian ini memberikan informasi mengenai karakteristik dan penerapan transistor sebagai saklar

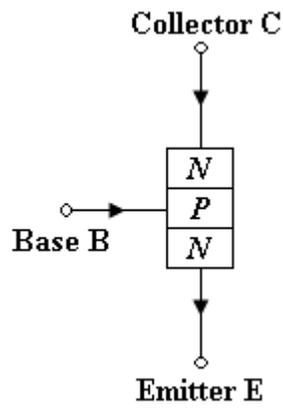
1.1 Pendahuluan

Transistor daya memiliki karakteristik kontrol untuk menyala dan mati. Transistor digunakan sebagai elemen saklar, dioperasikan dalam wilayah saturasi, menghasilkan dalam drop tegangan kondisi-ON yang rendah. Kecepatan pensaklaran transistor modern lebih tinggi daripada thyristor dan transistor tersebut sering dipakai dalam konverter DC-DC dan DC-AC, dengan diode terhubung paralel terbalik untuk menghasilkan aliran arus dua arah. Meskipun begitu, tingkat tegangan dan arusnya lebih rendah daripada thyristor dan transistor secara normal digunakan dalam aplikasi daya rendah sampai menengah.

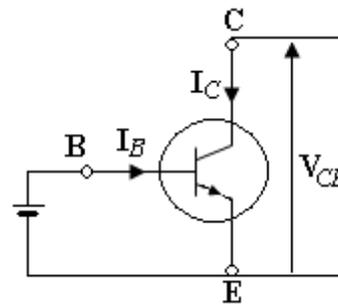
Pada umumnya transistor berfungsi sebagai suatu *switching* (kontak *on-off*). Adapun kerja transistor yang berfungsi sebagai *switching* ini, selalu berada pada daerah jenuh (saturasi) dan daerah *cut off*.

1.2 Transistor Daya

Transistor daya adalah perangkat yang terdiri dari tiga lapis *N-P-N* atau *P-N-P* seperti ditunjukkan pada gambar 1-1 dan 1-2. Prinsip kerjanya arus kolektor I_C yang merupakan fungsi dan arus basis I_B , perubahan pada arus basis akan mengakibatkan perubahan yang telah dikuatkan pada arus kolektor pada tegangan kolektor-emitor yang dikenakan padanya. Perbandingan kedua arus tersebut antara 15 sampai 100. Simbol yang sesuai dengan gambar 1-1b, karakteristik transistornya ditunjukkan pada gambar 1-4. dengan ragam yang sama untuk perangkat lain, tegangan dadal akan dicapai bila tegangan yang ditambahkan mencapai suatu batas. Tegangan balik kolektor-emitor yang dapat menyebabkan dadal pada gandengan basis-emitor pada level rendah misalnya 10 volt, disini transistor tidak dapat bekerja pada *mode reverse*. Dapat ditambahkan dioda secara seri untuk memperbesar kemampuan menahan tegangan balik (*reverse*). Pada gambar 1-2, ditunjukkan transistor *P-N-P* yang mempunyai karakteristik yang menyerupai transistor *N-P-N*, tapi arus dan tegangannya dalam arah kebalikannya.



(a)

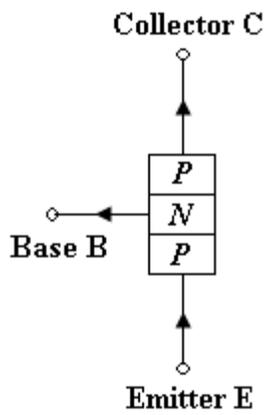


(b)

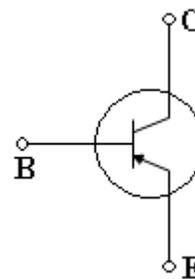
Gambar 1-1 : N-P-N Transistor

(a) Struktur

(b) Simbol dan Arah Arus



(a)



(b)

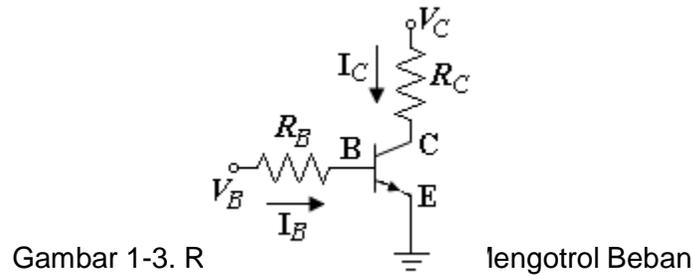
Gambar 1-2 : P-N-P Transistor

(a) Struktur

(b) Simbol

Dengan memanfaatkan karakteristik Transistor emitor bersama, pada kondisi saturasi (jenuh) dan keadaan cut-off (mati) maka transistor dapat dijadikan saklar dengan pemutus dan penyambungnya berupa (tegangan pada basisnya).

Perhatikan rangkaian sebagai berikut :



Persamaan transistor memberikan :

$$I_C = \beta I_B \dots 1)$$

β = penguatan transistor

dari persamaan di atas, jika $I_B = 0$ maka $I_C = 0$

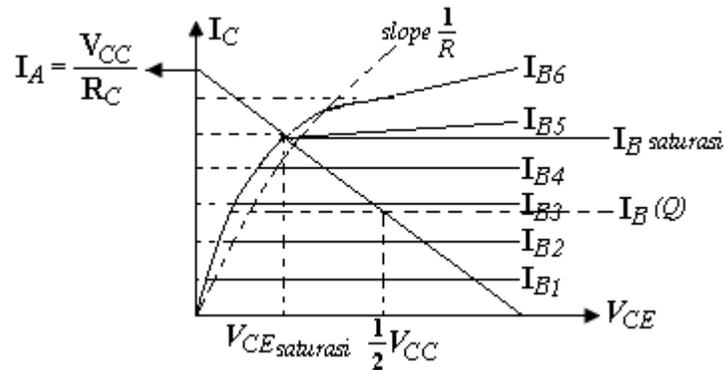
(transistor tidak mengantarkan arus I_C , dengan kata lain posisi cut-off atau mati).

Dari rangkaian diatas diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$I_B = \frac{V_B - V_{CE}}{R_B}$$

$$I_C = \frac{V_C - V_{CE}}{R_C} \text{ , disebut persamaan garis beban.}$$

Sedangkan karakteristik keluaran transistor dan garis beban adalah sebagai berikut :



Dari gambar diatas, pada kondisi saturasi (jenuh) menaikkan I_B tidak dapat menaikkan I_C . Selanjutnya, lihat I_{B5} ; I_{B6} menghasilkan I_C yang sama dengan I_C saturasi.

Pada kondisi ini, diperoleh :

$$V_{CE} \cong 0 \text{ (kecil)}$$

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

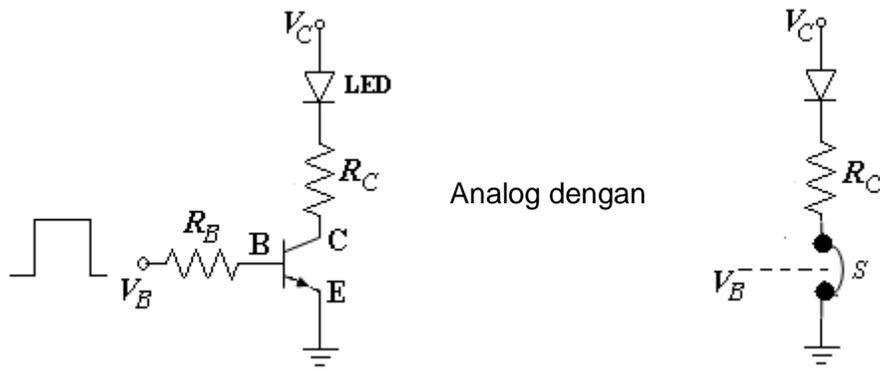
Artinya arus besar, tegangan menuju nol (0).

Dapat dikatakan hambatan pada CE, **menuju nol** (sebagai saklar ON) jadi untuk membuat transistor berlaku sebagai saklar yang ON, kita memberikan tegangan V_B yang mengakibatkan transistor saturasi.

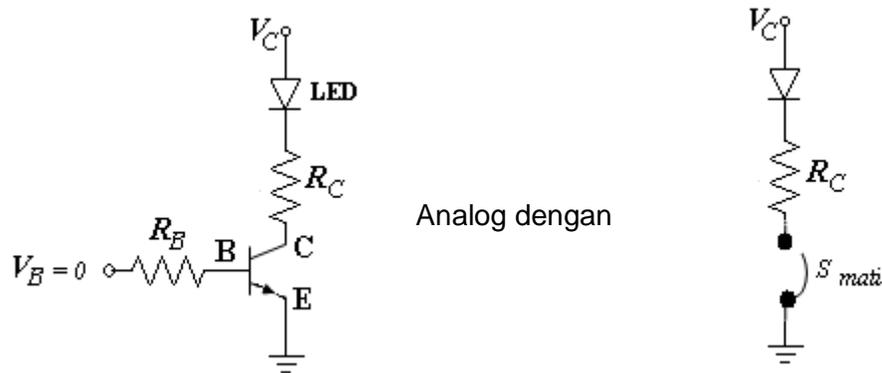
Sedang jika $V_B = 0$ maka $I_B = 0$, dan $I_C = 0$, lihat pers 1).

Maka pada kondisi ini transistor pada kondisi tidak menghantarkan arus I_C sama dengan **kondisi saklar terbuka**.

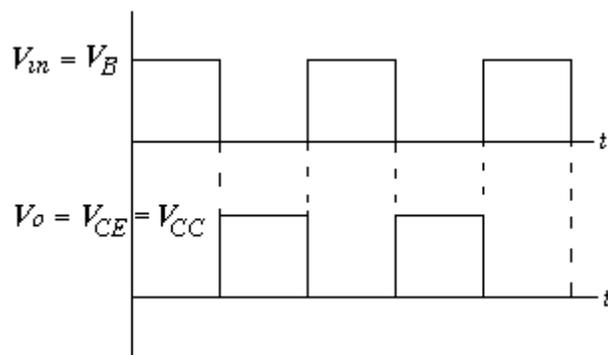
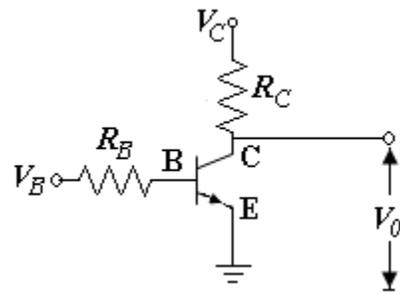
Lihat gambar rangkaian berikut :



Gambar 1-5. Analogi Transistor sebagai saklar posisi ON



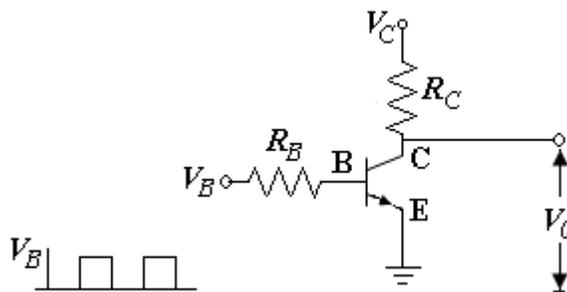
Gambar 1-6. Analogi Transistor sebagai saklar posisi OFF



Gambar 1-7. Hubungan antara Tegangan Input-Output dari Rangkaian Saklar Transistor

1.3 Latihan soal

1. Jelaskan karakteristik dari transistor daya !
2. Jelaskan bagaimana Transistor dapat berfungsi sebagai saklar !
3. Diberikan rangkaian sebagai berikut :



Berikan analisa dari rangkaian tersebut dan gambarkan outputnya !

Modul 2

Silicon Controlled Rectifier (SCR)

Hasil Pembelajaran :

Mahasiswa dapat memahami dan menjelaskan karakteristik dari Silicon Controlled Rectifier (SCR)

Tujuan

Bagian ini memberikan informasi mengenai karakteristik dan penerapan Silicon Rectifier Controlled (SCR)

2.1 Pendahuluan

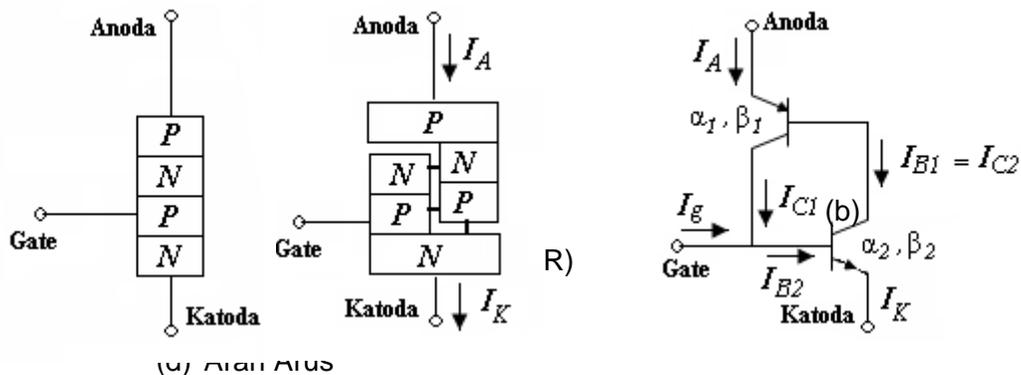
Silicon Controlled Rectifier (SCR) merupakan salah satu jenis semikonduktor daya yang paling penting dan telah digunakan secara ekstensif pada rangkaian elektronika industri. SCR biasanya digunakan sebagai saklar/bistabil, beroperasi antara keadaan non konduksi ke konduksi. Pada banyak aplikasi, SCR dapat diasumsikan sebagai saklar ideal aka tetapi dalam prakteknya SCR memiliki batasan dan karakteristik tertentu.

2.2 Silicon Controlled Rectifier (SCR)

Silicon Controlled Rectifier (SCR) adalah perangkat elektronik yang dirancang agar dapat mengendalikan daya arus bolak-balik (AC) hingga 10 MW dengan rating arus sebesar 2000 A pada tegangan 1800 V. Adapun daerah frekuensi kerja SCR dapat mencapai sekitar 50 KHz. SCR dibuat dari bahan semikonduktor jenis silicon dengan pertimbangan kemampuan terhadap temperature dan daya yang tinggi.

Tahanan dalam dinamis suatu SCR adalah sekitar 0.01 sampai 0.1 ohm sedangkan tahanan reversenya sekitar 100.000 ohm atau mungkin lebih.

Struktur P-N-P-N sederhana seperti pada SCR dapat dipandang sebagai dua transistor N-P-N dan P-N-P yang dihubungkan membentuk pasangan feedback regeneratif seperti pada gambar di bawah ini :



Keterangan :

- I_B : Arus basis
- I_C : Arus collector
- I_A : Arus anoda
- I_K : Arus katoda
- I_g : Arus gate

Dari gambar 2-1, diperoleh :

$$I_{B1} = (1-\alpha_1) I_A - I_{CBO1} \dots 1)$$

$$I_{C2} = \alpha_2 I_K + I_{CBO2} \dots 2)$$

Dari gambar 2-1, terlihat bahwa : $I_{B1} = I_{C2}$

$$(1-\alpha_1) I_A - I_{CBO1} = \alpha_2 I_K + I_{CBO2} \dots 3)$$

Juga terlihat bahwa : $I_K = I_g + I_A$, sehingga

$$(1-\alpha_1) I_A - I_{CBO1} = \alpha_2 (I_g + I_A) + I_{CBO2}$$

$$(1-(\alpha_1 + \alpha_2)) I_A = \alpha_2 I_g + I_{CBO1} + I_{CBO2}$$

atau :

$$I_A = \frac{\alpha_2 I_g + I_{CBO1} + I_{CBO2}}{1 - (\alpha_1 + \alpha_2)}$$

Persamaan diatas menunjukkan feedback regeneratif SCR akan jalan apabila $\alpha_1 + \alpha_2 \geq 1$

Beberapa mekanisme menjalankan Thyristor :

(1) Tegangan antara kolektor dan emitor diperbesar, akhirnya akan tercapai keadaan dimana arus bocor dapat menghasilkan pembawa muatan yang lain, sehingga terjadi suatu *breakdown avalanche* (longsor). Mekanisme ini bisa digunakan pada dioda empat lapis seperti DIAC.

(2) Perubahan tegangan

Setiap sambungan P-N mempunyai kapasitansi. Makin luas sambungan maka makin besar kapasitansinya. Bila suatu fungsi tangga tiba-tiba dipasang antara kolektor dan emitter, suatu arus pergi akan mengalir sebesar :

$$i = C \frac{dv}{dt} ; \text{ arus ini dapat membuat nilai loop gain } G \text{ mendekati nilai satu, yang akan}$$

menghantarkan thyristor.

(3) Suhu

Pada suhu tinggi arus bocor (arus saturasi) pada sambungan P-N silikon dengan panjang mundur menjadi dua kali lipat dengan kenaikan suhu 8°C ini dapat membuat loop gain G mendekati satu dan menghantarkan.

(4) Mekanisme transistor

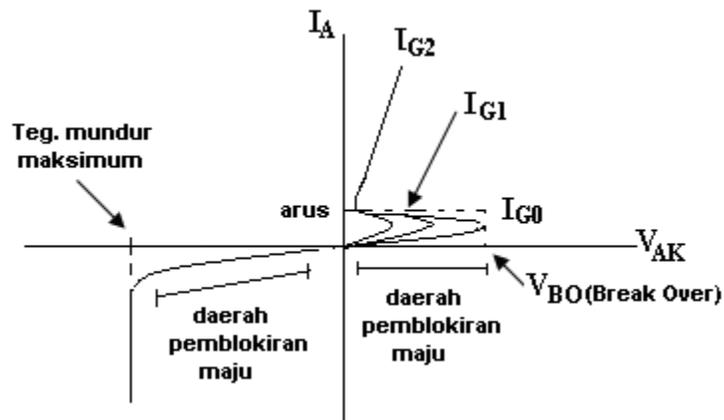
Pada transistor penambahan arus pada basis akan memperbesar arus kolektor. Ini biasa digunakan untuk menghantarkan thyristor yang mempunyai gate, SCR menghantarkan dengan memasukkan arus pada gate P, sedangkan pada *Complementary SCR* (CSCR) digunakan gate N.

(5) Cahaya

Cahaya yang disinarkan pada SCR dapat melepaskan pasangan elektron dan holes. Cara trigger ini dilakukan pada *Light Activited SCR* (LA SCR) dan thyristor yang peka cahaya.

Karakteristik V – I SCR :

SCR dapat mengalirkan arus hanya pada satu arah yakni jika $V_A > V_K$ serta bisa diatur sudut penyalaannya dengan mengatur tegangan gatenya.



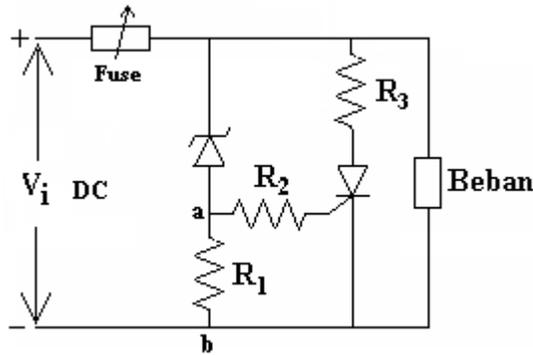
Gambar 2-2. Karakteristik V – I SCR

Pada daerah pemblokiran maju, bila tegangan maju ditambah maka arus bocor hampir tidak berubah hingga pelipat gandaan pembawa muatan oleh adanya *breakdown avalanche* setelah keadaan dilampaui arus di dalam SCR yang mempunyai nilai cukup besar hingga $\text{loop gain} = 1$, pada keadaan ini SCR berkonduksi jika V_A berada pada nilai tertentu, yang disebut arus bertahan (*holding current*). Bila arus anoda turun di bawah nilai arus bertahan SCR akan kembali pada pemblokiran maju.

Pada keadaan pemblokiran mundur SCR berperilaku seperti dua dioda dipasang seri (terpanjar mundur).

Pada keadaan $V_A > V_K$ penambahan harga I_G akan memperkecil daerah pemblokiran, untuk I_G yang cukup besar bisa mengakibatkan SCR berperilaku seperti dioda terpanjar maju.

Perhatikan contoh berikut ini :



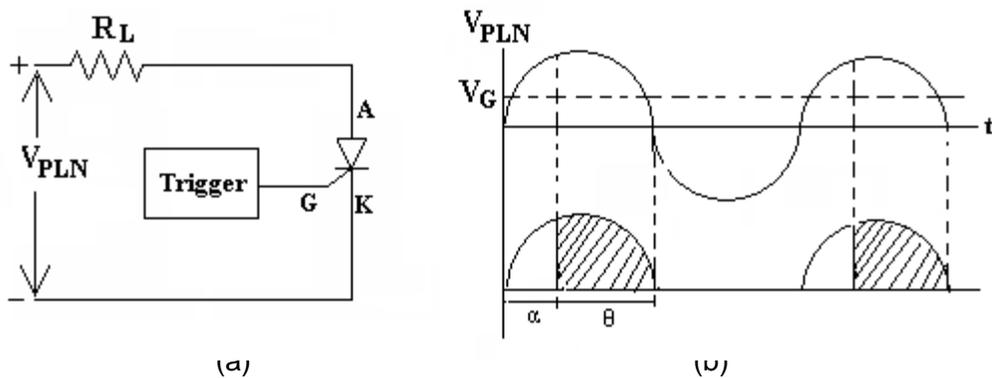
Gambar 2-3. Rangkaian untuk melindungi alat dari tegangan lebih.

Cara kerjanya :

Jika V_i (DC) naik melebihi harga yang diijinkan maka V_{ab} naik sehingga SCR berkonduksi dan arus yang melewati fuse akan besar sehingga fuse akan putus.

(6) Kontrol Fasa pada SCR

SCR dapat dibuat agar berkonduksi pada bagian tertentu daripada siklus tegangan PLN. Rangkaian yang digunakan untuk ini ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 2-4. Rangkaian kontrol fasa SCR

(a) Rangkaian

(b) Bentuk gelombang

Harga rata-rata keluaran adalah :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{rata-rata}} &= \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_m \sin \omega t (d\omega t) \\
 &= -\frac{V_m}{2\pi} [\cos \omega t]_{\alpha}^{\pi} \\
 &= -\frac{V_m}{2\pi} (\cos \pi - \cos \alpha)
 \end{aligned}$$

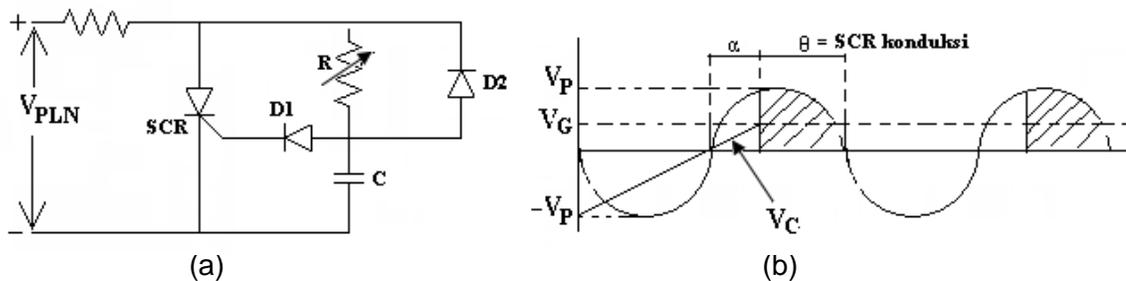
$$\boxed{V_{\text{rata-rata}} = \frac{V_m}{2\pi} (\cos \alpha + 1)}$$

(tegangan keluaran bisa diatur sesuai dengan harga α)

α berkisar dari 0° sampai dengan 180°

untuk $\alpha = 0^\circ, \theta = 180^\circ, \alpha = 180^\circ, \theta = 0^\circ$

Bentuk rangkaian picu SCR dapat bermacam-macam. Suatu rangkaian picu yang menggunakan RC ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 2-4. Rangkaian picu SCR dengan RC

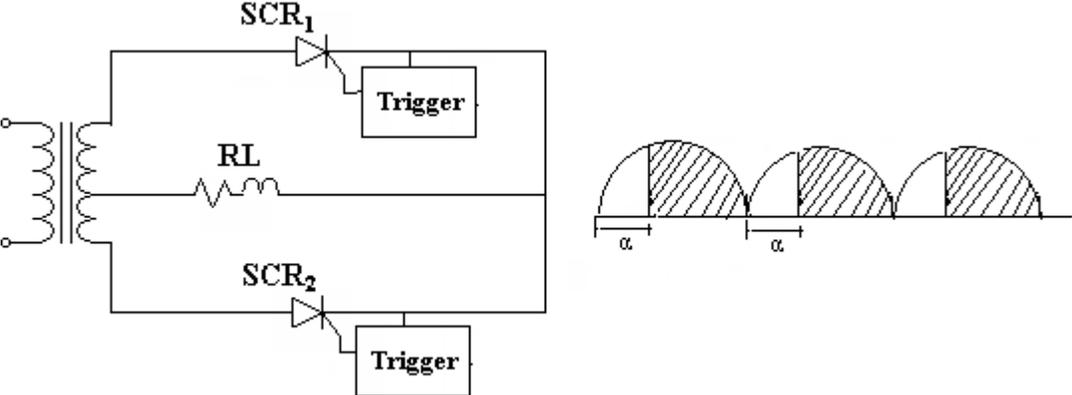
(a) Rangkaian

(b) Bentuk gelombang

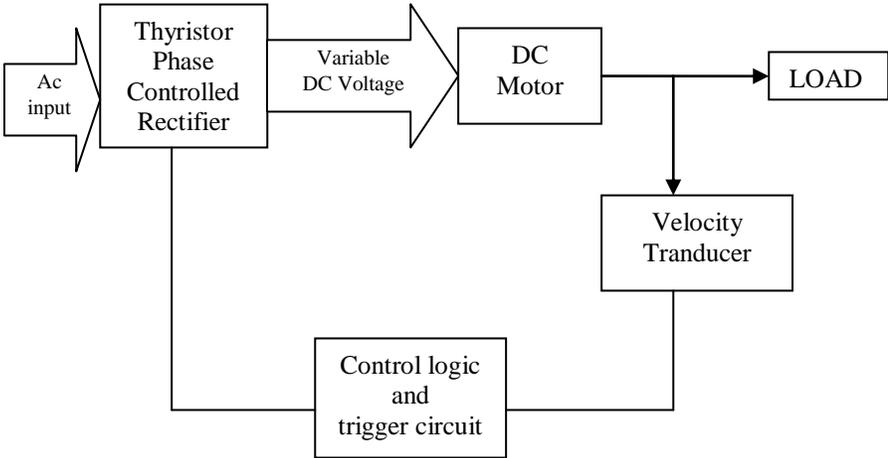
(7) Bila anoda sedang negatif terhadap katoda, kapasitor C diisi muatan melalui D_1 hingga tegangan V_p . Dioda D_1 mencegah arus gate negatif pada SCR, selanjutnya waktu anoda positif kapasitor C diisi melalui R dengan tetapan waktu ($t = RC$). Bila V_c melampaui tegangan ambang (V_{GT}) maka SCR akan berkonduksi sehingga $V_{AK} \approx 0$, dengan mengatur R sudut konduksi dapat diatur dari 0° sampai 180° .

Rangkaian picu lain akan dibahas setelah mempelajari TRIAC.

Beberapa aplikasi sederhana SCR :



$$\begin{aligned}
 V_{\text{rata-rata}} &= \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_m \sin \omega t d(\omega t) \\
 &= \frac{E_m}{\pi} (1 + \cos \alpha)
 \end{aligned}$$



2.3 Latihan soal

1. Jelaskan karakteristik hubungan antara tegangan dan arus pada SCR !
2. Berikan dua aplikasi sederhana dalam penggunaan SCR ! (gambar beserta rangkaiannya)
3. Jelaskan cara kerja dari rangkaian untuk melindungi tegangan lebih !

Modul 3

Unijunction Transistor (UJT)

Hasil Pembelajaran :

Mahasiswa dapat memahami dan menjelaskan karakteristik dari Unijunction Transistor (UJT)

Tujuan

Bagian ini memberikan informasi mengenai karakteristik dan penerapan Unijunction Transistor (UJT)

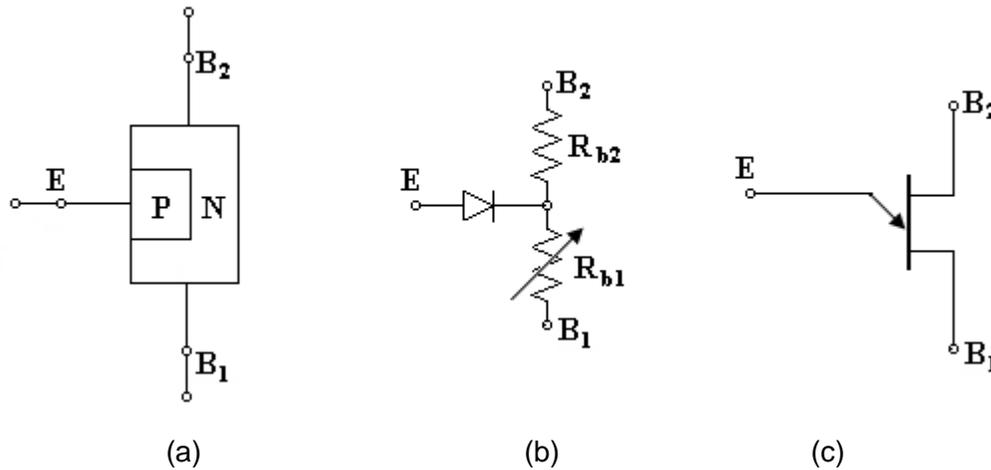
3.1 Pendahuluan

Unijunction Transistor (UJT) adalah piranti elektronik yang tidak mempunyai elektroda kolektor sebagaimana transistor bipolar ataupun dioda rectifier, dan sebagai penggantinya ditambahkan sebuah elektroda basis sehingga piranti ini mempunyai dua basis dan sebuah emitter.

3.2 Unijunction Transistor (UJT)

UJT atau transistor sambungan tunggal adalah suatu komponen aktif yang banyak digunakan untuk menghasilkan isyarat pulsa. Pulsa ini digunakan untuk kontrol pada instrumentasi.

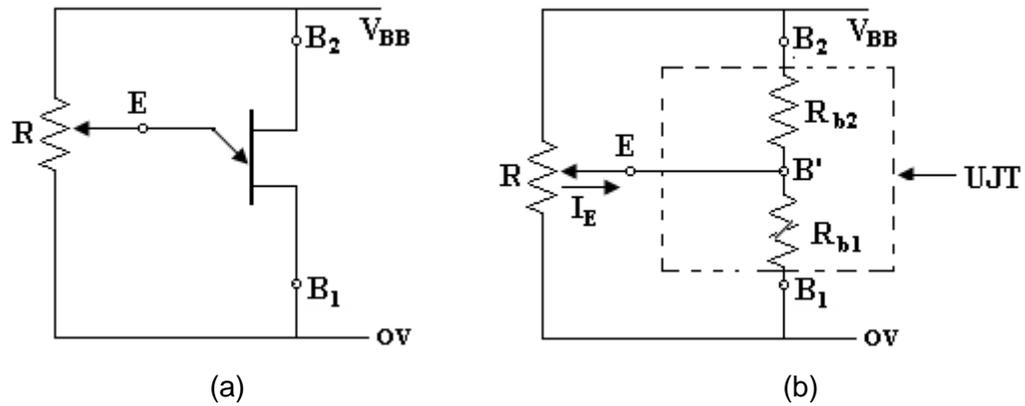
Susunan UJT ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 3.1. UJT

- (a) Struktur UJT
- (b) Rangkaian setara
- (c) Lambang UJT

Pada gambar 3.19 (b) hambatan R_{b1} dan R_{b2} adalah hambatan setara di dalam UJT. Hambatan R_{b1} dinyatakan variable oleh karena nilainya berubah dengan arus emitor I_E . Karakteristik UJT dapat diuji dengan menggunakan rangkaian pada gambar 3.2.



Gambar 3-2 : (a) Rangkaian untuk menguji UJT
(b) Rangkaian setara

Jika dioda D ada dalam keadaan tegangan mundur, arus $I_E \cong 0$ dan hambatan R_{b1} mempunyai nilai maksimum. Hambatan R_{b1} menyatakan nilai maksimum ini. Hambatan basis adalah $R_{b1} + R_{b2}$ dan dinyatakan sebagai R_{BB} . Parameter UJT yang sering digunakan orang adalah yang disebut *nisbah hambatan basis intrinsic (intrinsic stand-off ratio)*, yaitu :

$$\eta = \frac{R_{b1}}{R_{b1} + R_{b2}}$$

$$\eta = \frac{R_{b1}}{R_{BB}}$$

Jika arus emitor $I_E = 0$, maka :

$$V_{B'} = \frac{R_{b2}}{R_{b1} + R_{b2}} V_{BB}$$

$$V_{B'} = \eta \cdot V_{BB}$$

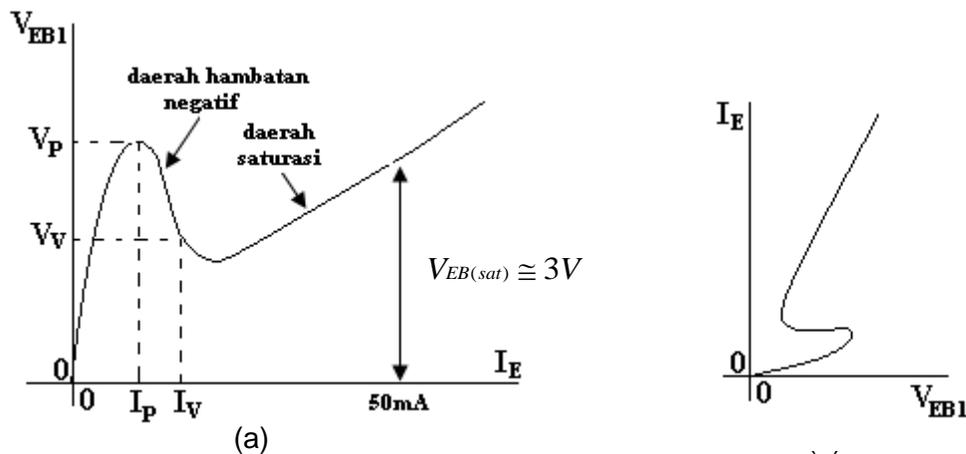
Pada keadaan ini tegangan pada emitor :

$$V_{EO} \cong V_B + 0,6 \text{ V} = \eta V_{BB} + 0,6 \text{ V}$$

Dengan mengatur posisi pengusap pada pengusap pada potensiometer R_V tegangan V_E dapat diubah. Jika $V_E > V_{EO}$, dioda D mendapat tegangan maju.

Akibatnya emitor akan memancarkan lubang ke dalam basis. Lubang ini ditolak oleh basis B_2 yang mempunyai potensial positif, dan lubang akan terdorong masuk ke basis B_1 . Oleh karena jumlah muatan bebas dalam basis B_1 bertambah maka konduktivitas akan naik, atau hambatan R_{b1} akan turun sedemikian rupa sehingga dengan kenaikan arus emitor I_E tegangan emitor V_E akan turun. Daerah nilai I_E ini yang tegangannya V_E turun jika arus I_E naik disebut daerah hambatan negatif. Selanjutnya kenaikan arus emitor I_E dengan V_E akan bertambah sedikit. Daerah nilai arus ini disebut *daerah penjenuhan*.

Ciri UJT biasanya dinyatakan oleh grafik antara V_{BE} dan I_E seperti pada gambar 3-3 (a).



Gambar 3-3. (a) UJT

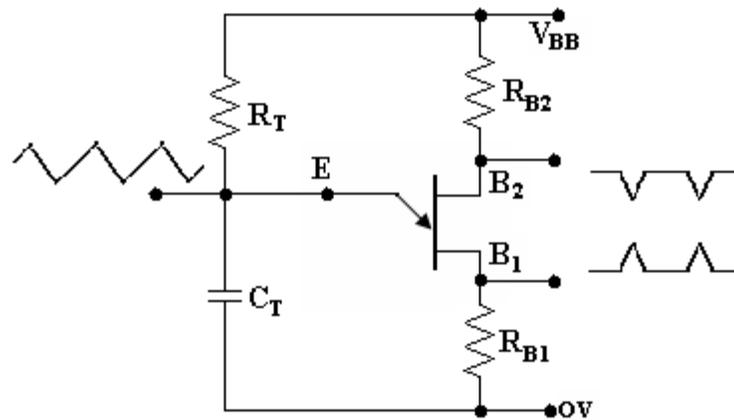
(b) Ciri UJT dilukiskan dengan sumbu tegak menyatakan arus I_E

Jika sumbu I_E kita pasangkan vertikal lengkung, ciri UJT ini tampak mirip dengan lengkung ciri dioda dengan keadaan tegangan maju. Arus I_P disebut arus puncak dan menyatakan arus emitor yang diperlukan untuk membuat agar UJT berkonduksi. Arus I_V disebut *arus lembah*, yang menyatakan akhir daripada daerah hambatan negatif. Hambatan R_b , untuk daerah saturasi sekitar 50 ohm. Rangkaian untuk osilator relaksasi menggunakan UJT ditunjukkan pada gambar 3-4.

Pada mulanya kapasitor C_T diisi muatan melalui R_T . Setelah V_E melebihi

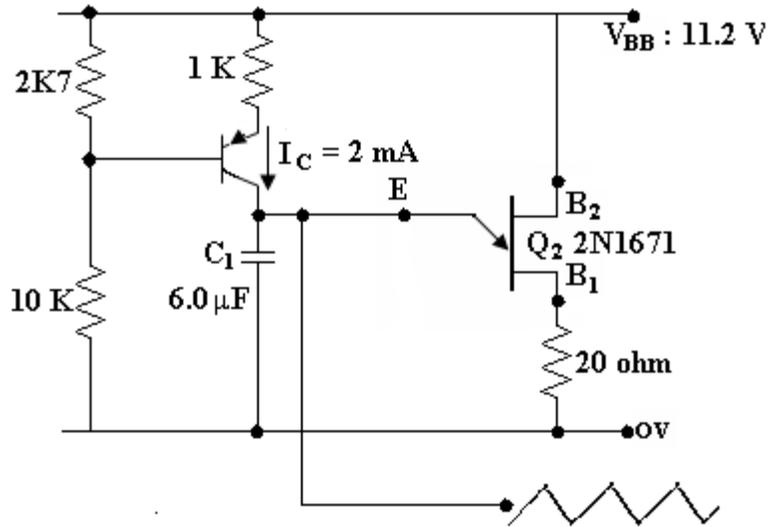
$$V_{EO} = V_{B1} + \eta V_{B2B1} + 0.6 \text{ V}$$

Maka UJT akan berkonduksi. Hambatan V_{EB} menjadi amat kecil sehingga arus akan mengalir dari V_{BB} . Akibatnya pada titik B1 dan B2 akan terjadi denyut seperti pada gambar 3-4. Pada kapasitor akan terjadi Isyarat berupa gigi gergaji eksponensial oleh karena pengisian dan pengosongan kapasitor.



Gambar 3-4. Osilator relaksasi dengan UJT

Jika kita menginginkan isyarat berupa gigi gergaji linier, kapasitor C_T kita isi muatan dengan menggunakan sumber arus tetap, seperti ditunjukkan pada gambar 3-5.



Gambar 3-5. Cara untuk memperoleh isyarat keluaran linier

UJT banyak digunakan untuk mengatur SCR dan TRIAC, yaitu komponen semikonduktor yang berfungsi seperti tiration dengan menggunakan pulsa yang dihasilkan oleh basis pada UJT.

3.3 Latihan Soal

1. Gambarkan kurva karakteristik antara tegangan dan arus pada percobaan UJT?
2. Berapa nilai tegangan V_E dan nilai arus I_E pada saat UJT dalam keadaan *On*?
3. Berapa nilai tegangan V_E dan nilai arus I_E pada saat UJT dalam keadaan *Off*?

Modul 4

Dioda AC (DIAC)

Hasil Pembelajaran :

Mahasiswa dapat memahami dan menjelaskan karakteristik dari Dioda AC (DIAC)

Tujuan

Bagian ini memberikan informasi mengenai karakteristik dan penerapan Dioda AC (DIAC)

4.1 Pendahuluan

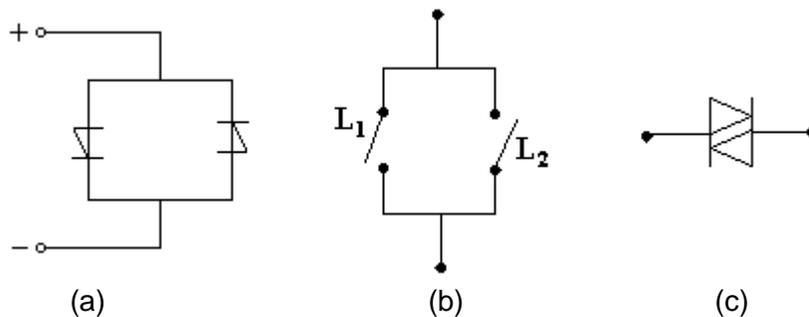
DIAC merupakan salah satu anggota dari thyristor dan termasuk dalam jenis “Bidirectional Thyristor” yang juga dikenal sebagai “Bilateral Trigger Diode”. Istilah DIAC diambil dari “Dioda AC”.

DIAC mempunyai dua buah terminal dan dapat menghantar dari kedua arah jika tegangan breakovernya (V_{BB}) terlampaui.

4.2 DIAC

DIAC tersusun dari tiga lapis bahan semikonduktor walaupun beberapa buku mengatakan bahwa DIAC tersusun dari piranti lapis-empat, namun demikian pembuatnya menyatakan bahwa DIAC dibuat dari tiga lapis bahan semikonduktor. Tidak seperti halnya transistor, DIAC mempunyai tingkatan doping sekitar junctionnya yang sebanding.

Gambar 4-1 menunjukkan ekivalen dan simbol DIAC :



Gambar 4.1. DIAC

(d) Ekivalen DIAC

(e) DIAC sebagai susunan pengancing (Latch)

(f) Simbol DIAC

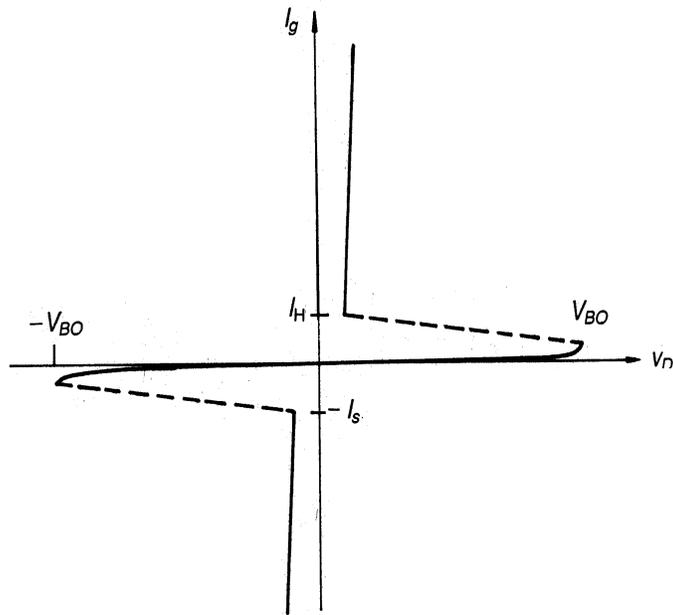
DIAC mempunyai impedansi yang tinggi bagi arus dalam dua arah, hingga bias DIAC melewati breakover arah mundurnya.

Biasanya bias untuk DIAC agar mencapai breakover ini adalah antara 28 sampai 36 volt, namun demikian tergantung dari pada tipenya.

Agar kita mengetahui prinsip kerja DIAC, maka kita nggap pemberian catu dayanya seperti terlihat pada gambar 4-1.

Jika tegangan yang diberikan pada DIAC menyamai atau melebihi tegangan breakover, maka salah satu Latch akan menutup juga.

DIAC adalah suatu komponen yang berkelakuan seperti dua buah thyristor yang dihubungkan saling bertolak belakang. Oleh karena itu DIAC mempunyai dua buah tegangan penyalan. Tegangan penyalan pertama berada pada tegangan maju ($+V_{bo}$) sedangkan yang kedua ada pada tegangan baliknya ($-V_{bo}$). karakteristik tegangan terhadap arus dapat dilihat pada Gambar 4-2.

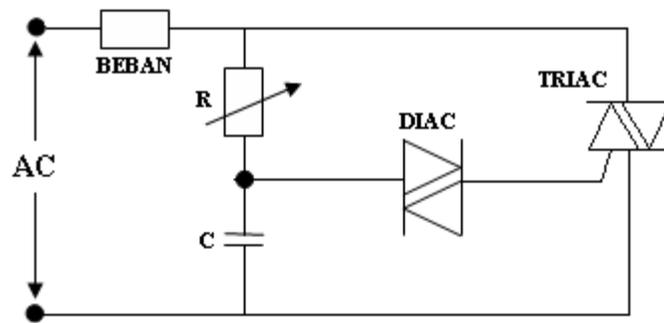


Gambar 4-2. Karakteristik DIAC

Dari kurva diatas kita dapat melihat bahwa DIAC selalu mempunyai karakteristik tahanan negatif yang secara terus menerus pada saat arus lebih besar daripada arus breakovernya.

DIAC banyak digunakan sebagai pemacu rangkaian pengendali daya yang menggunakan TRIAC.

Gambar 4-3, memperlihatkan salah satu contoh rangkaian yang memperlihatkan peran DIAC dalam rangkaian pengendali daya.



Gambar 4-3. Aplikasi DIAC dalam rangkaian pengendali daya.

Jika tegangan pengisian kapasitor telah mencapai breakover DIAC, maka DIAC akan menghantar sehingga kapasitor akan menggosongkan muatannya melalui DIAC dan gate-TRIAC. Arus penggosongkan kapasitor merupakan pulsa penyulut yang digunakan oleh TRIAC sebagai pengendali.

Jika beban sebenarnya bersifat induktif, maka perlu dipasang rangkaian R dan C secara parallel terhadap TRIAC untuk mengatur komutasi TRIAC.

4.3 Latihan Soal

4. Mengapa DIAC mempunyai karakteristik tahanan negatif ?
5. Jelaskan prinsip kerja dari DIAC !
6. Buatlah salah satu rangkaian contoh penggunaan DIAC, jelaskan pula cara kerja dari rangkaian tersebut !

Modul 5 Triode AC (TRIAC)

Hasil Pembelajaran :

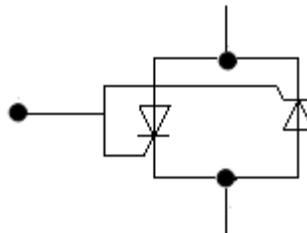
Mahasiswa dapat memahami dan menjelaskan karakteristik dari Triode AC (TRIAC)

Tujuan

Bagian ini memberikan informasi mengenai karakteristik dan penggunaannya Triode AC (TRIAC)

5.1 Pendahuluan

Salah satu cara pengendalian daya arus bolak-balik secara penuh, dapat digunakan dua buah SCR yang terhubung secara *paralel berlawanan* (anti-paralel), seperti yang diperlihatkan pada gambar 5.1 berikut :



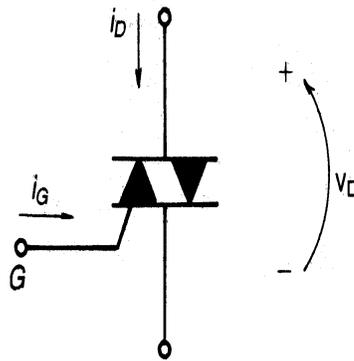
Gambar 5-1. Anti-Paralel SCR

Suatu piranti elektronik yang merupakan gabungan dari dua buah SCR adalah sebuah saklar elektronik dengan gerbang terkendali, yaitu TRIAC.

TRIAC mempunyai tiga terminal (Triode-AC) atau dikenal sebagai *Bidirectional Triode Thyristor*. TRIAC mirip dengan SCR, namun TRIAC dapat menghantarkan arus dalam dua arah.

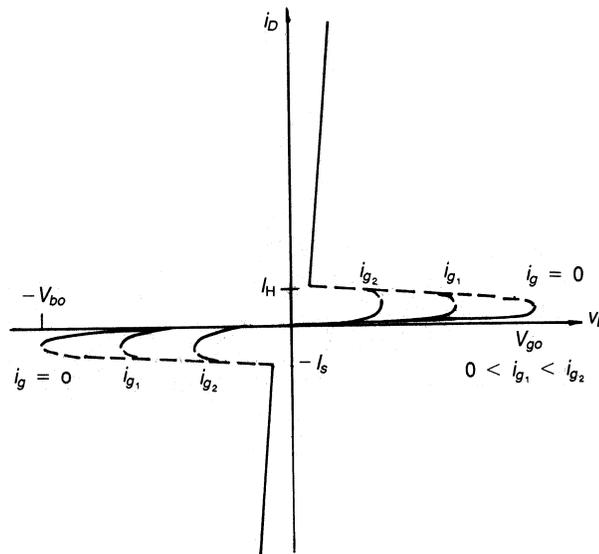
5.2 TRIAC

TRIAC merupakan singkatan dari *Triode Alternating Current Switch*, yang berarti saklar egati untuk arus bolak-balik. TRIAC merupakan suatu komponen yang mempunyai susunan atas 5 lapisan bahan jenis P dan N dalam arah lain antara terminal T_1 dan T_2 dan dapat menghantarkan dalam arah yang lain sebagaimana ditunjukkan secara jelas pada simbolnya. Secara elektrik, TRIAC merupakan suatu komponen yang berkelakuan seperti dua buah SCR (Thyristor) yang digabungkan dalam hubungan negatif terbalik seperti ditunjukkan pada Gambar 5-2.



Gambar 5-2. Simbol TRIAC

TRIAC dapat dialihkan dalam kondisi hidup (*on*), baik melalui arus *gate* positif maupun arus *gate* egative. Jika arus positif diinjeksikan saat T_2 positif dan arus egative diinjeksikan saat T_1 positif, maka hasilnya sangat egative (peka). Namun dalam prakteknya, arus *gate* egative selalu digunakan seperti ditunjukkan pada Gambar 5-3 tentang karakteristik TRIAC berikut ini.



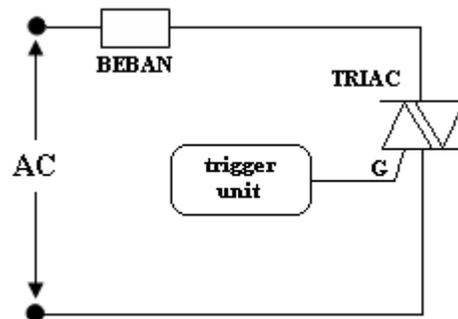
Gambar 5-3. Karakteristik TRIAC

TRIAC adalah piranti yang digunakan untuk mengontrol arus rata-rata yang mengalir ke suatu beban. TRIAC berbeda dengan SCR, dimana TRIAC ini dapat mengontrol arus dalam dua arah.

Jika TRIAC sedang OFF, arus tidak dapat mengalir diantara terminal-terminal utamanya, atau dengan kata lain diumpamakan *saklar terbuka*.

Jika TRIAC sedang ON, maka dengan tahanan yang rendah arus mengalir dari satu terminal ke terminal lainnya dengan arah aliran tergantung dari polaritas tegangan yang digunakan. Jika tegangan T_2 positif, maka arus akan mengalir dari T_1 ke T_2 dan sebaliknya jika T_1 positif, maka arus akan mengalir dari T_1 ke T_2 dan dalam kondisi ini TRIAC diumpamakan sebagai *saklar tertutup*.

Gambar 5-4 memperlihatkan suatu rangkaian yang terdiri dari sumber tegangan, TRIAC dan beban serta dilengkapi dengan suatu unit penyulut (trigger).



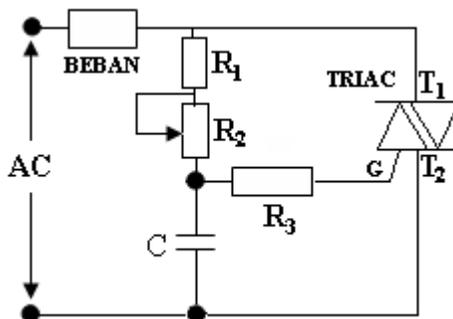
Gambar 5-4. Rangkaian Dasar Pengendali dengan TRIAC

Arus rata-rata yang dialirkan pada beban dapat bervariasi oleh adanya perubahan harga waktu setiap perioda ketika TRIAC tersebut ON. Jika porsi waktu yang kecil saat kondisi ON, maka arus rata-ratanya akan tinggi.

Kondisi suatu TRIAC pada setiap perioda tidak dibatasi hingga 180° , dengan pengaturan picu dia dapat menghantarkan hingga 360° penuh.

Tegangan gate untuk pemacu biasanya diberi notasi V_{GT} , dan arus gate pemacu dinotasikan dengan I_{GT} .

Rangkaian 5-5 berikut merupakan rangkaian penyulutan (triggering) suatu TRIAC secara sederhana.

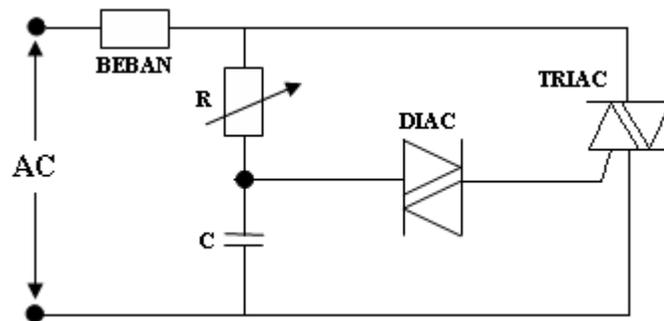


Gambar 5-5. Rangkaian picu TRIAC

Selama setengah perioda negatif, muatan negatif akan beradapada plat bagian atas kapasitor dan jika tegangan yang berada pada kapasitor telah mencukupi, maka TRIAC akan ON.

Kecepatan pengisian kapasitor diatur oleh hambatan R_2 , dimana jika R_2 bernilai besar, maka pengisiannya akan lambat sehingga terjadi penundaan penyalaan yang panjang dan arus rata-ratanya kecil. Jika R_2 bernilai besar, maka pengisian kapasitor akan cepat dan arus bebannya tinggi.

Metode lain untuk pemicuan TRIAC digambarkan seperti pada gambar 5-6.



Gambar 5-6. DIAC sebagai pengendali TRIAC.

Rangkaian tersebut menggunakan DIAC sebagai pengendali picu.

Prinsip kerja rangkaian tersebut adalah jika tegangan input berada pada setengah periode positif, maka kapasitor akan terisi muatan melebihi beban dan hambatan R . jika tegangan kapasitor mencapai tegangan breakover DIAC, maka kapasitor mulai mengosongkan muatan melalui DIAC ke gerbang (gate) TRIAC.

Pulsa trigger TRIAC akan menghantarkan TRIAC pada setengah perioda tadi dan untuk setengah perioda berikutnya (negatif) prinsipnya sama.

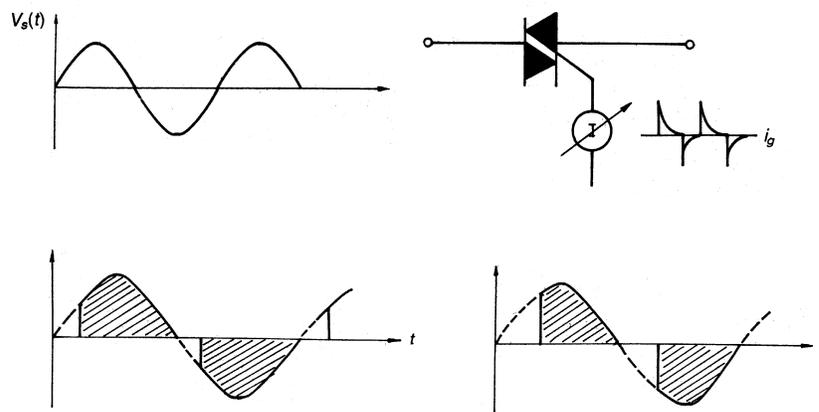
Sekali TRIAC dihidupkan, maka dia akan menghantarkan sepanjang arus yang mengalir melaluinya dipertahankan tetap. TRIAC tidak dapat dimatikan oleh arus balik layaknya suatu SCR. TRIAC dapat dimatikan dan kembali pada kondisi menghambat, ketika arus beban AC yang melewatinya berharga nol (0), sebelum setengah perioda lainnya digunakan. Faktor ini akan membatasi frekuensi respon yang dimiliki oleh TRIAC tersebut.

Bagi beban-beban resistif, waktu yang tersedia guna mematikan suatu TRIAC akan lebih panjang dari titik ketika arus bebannya jatuh hingga waktu dimana tegangan balik mencapai nilai yang dapat menghasilkan arus *latching* yang dibutuhkan.

Sedangkan bagi beban-beban induktif komutasinya akan lebih rumit lagi, dimana jika arus beban jatuh dan TRIAC berhenti menghantar, maka tegangan masih ada pada piranti tersebut. Jika tegangannya muncul terlalu cepat, maka akibat yang dihasilkan oleh persambungan (*junction*) kapasitansi adalah tetap menghantarnya TRIAC tersebut.

Untuk itu maka sering digunakan rangkaian pengaman yang dapat mengubah nilai Perubahan (*rate of change*) tegangan TRIAC.

Adapun pengaturan tegangan bolak-balik dengan menggunakan TRIAC ditunjukkan pada Gambar 5-7 berikut ini.

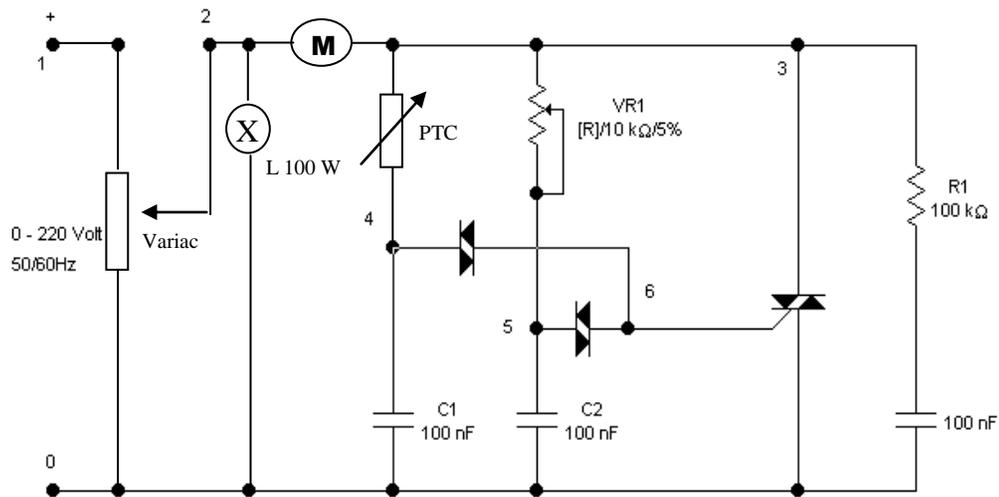


Gambar5-7. Rangkaian TRIAC dan Tegangan Outputnya

Contoh penggunaan TRIAC :

Pemakaian motor arus bolak-balik 1 fasa banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari dibandingkan dengan motor arus searah. Pengontrolan pun sekarang sudah banyak ragamnya dari mulai pengaturan putaran sampai pada proteksinya.

Pengaturan putaran motor arus bolak-balik 1 fasa (motor pompa 1 fasa 125 watt) dengan mengatur tegangan masukan dan variasi nilai resistansi pada thermistor. Seperti pada Gambar 5-8 di bawah ini



Gambar 5-8. Rangkaian Kendali Motor 1 Fasa

Rangkaian di atas bertujuan mengatur putaran motor pompa listrik dengan menggunakan TRIAC sebagai saklar yang menghubungkan sumber tegangan dengan beban (pompa). Pada rangkaian ini juga menggunakan thermistor jenis *positive temperature coefecien (PTC)*.

Seharusnya PTC ditempelkan pada rangka pompa, namun dalam simulasi ini PTC didekatkan pada sumber panas dari lampu pijar yang dapat diatur tegangannya menggunakan variac.

5.3 Latihan Soal

1. Jelaskan karakteristik dari TRIAC !
2. Jelaskan perbedaan antara TRIAC dan SCR !
3. Buatlah salah satu rangkaian contoh rangkaian pengaman yang dapat mengubah nilai Perubahan (*rate of change*) tegangan TRIAC !

Modul 6

Penyearah Gelombang menggunakan SCR

Hasil Pembelajaran :

Mahasiswa dapat memahami dan mengidentifikasi penyearah gelombang menggunakan Silicon Controlled Rectifier (SCR)

Tujuan

Bagian ini memberikan informasi mengenai penerapan Silicon Rectifier Controlled (SCR) sebagai penyearah gelombang.

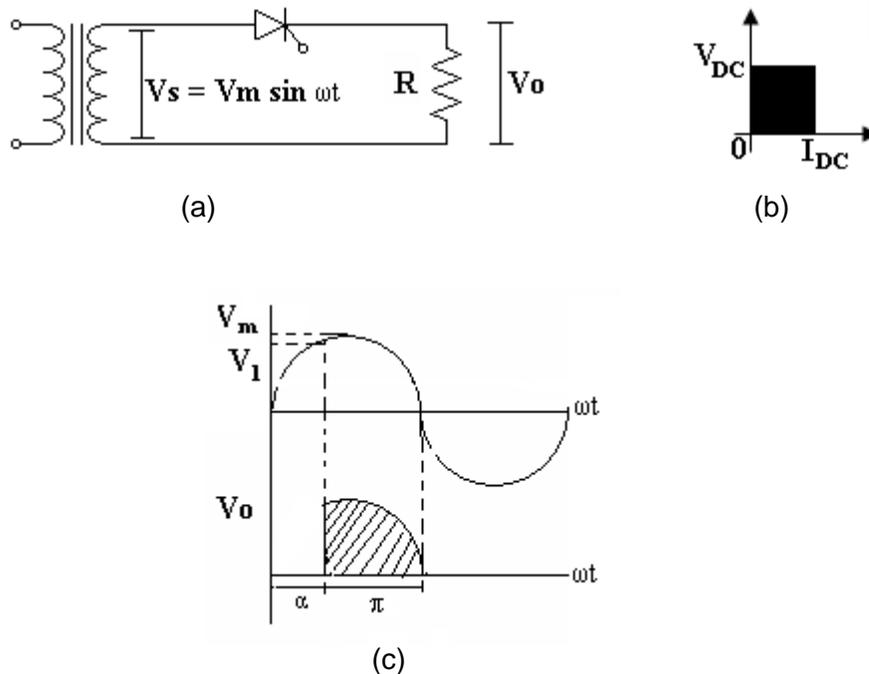
6.1 Pendahuluan

Penyearah gelombang menggunakan SCR disebut penyearah terkendali, dimana merupakan penyearah yang sederhana, lebih murah dan efisien dari penyearah secara umum. Oleh karena, penyearah-penyearah ini mengkonversi dari tegangan AC ke DC, maka penyearah ini dikenal dengan *konverter AC-DC*. Konverter dapat diklasifikasikan pada dua tipe, bergantung pada suplai masukan : (1) Konverter satu fasa dan, (2) Konverter tiga fasa. setiap tipe terbagi lagi menjadi (a) Semikonverter ; (b) Konverter penuh dan ; (c) dual konverter. *Semikonverter* merupakan konverter satu kuadran dan hanya memiliki satu polaritas tegangan dan arus keluaran. *Konverter penuh* merupakan konverter dua kuadran yang dapat memiliki tegangan keluaran baik positif maupun negatif. Akan tetapi keluaran arus dari konverter hanya dapat berharga positif. Metode deret Fourier dapat diaplikasikan untuk menganalisis kinerja dari Konverter dengan fasa terkendali dengan beban RL. Akan tetapi untuk mempermudah analisa, beban induktif dapat diasumsikan cukup tinggi sehingga arus beban akan bersifat kontinue dan memiliki ripple yang diabaikan.

6.2 Penyearah Gelombang menggunakan SCR

Perhatikan gambar 6-1 (a) dengan beban resistif. Selama setengah siklus positif dari tegangan masukan, anoda SCR relative positif terhadap katode sehingga SCR disebut terbias maju. Ketika SCR dinyalakan pada $\omega t = \alpha$, anode SCR akan negatif terhadap katodenya dan SCR akan disebut terbias mundur, dan dimatikan. Waktu setelah tegangan masukan mulai positif hingga SCR dinyalakan pada $\omega t = \pi$ disebut sudut delay atau *sudut penyalaan* α .

Gambar 6-1 (b) memperlihatkan daerah operasi dari konverter, dengan tegangan dan arus keluaran memiliki polaritas tunggal. Gambar 6-1 (c) memperlihatkan gelombang tegangan masukan, tegangan keluaran, arus beban dan tegangan sepanjang SCR. Konverter ini tidak biasa digunakan pada aplikasi industri karena keluarannya memiliki ripple yang tinggi dan frekuensi ripple rendah. Jika f_s merupakan frekuensi dari suplai masukan, komponen frekuensi terendah pada tegangan ripple keluaran akan f_s juga.



Gambar 6-1 : Prinsip operasi konverter SCR

- Rangkaian
- Kuadran
- Bentuk gelombang

Jika V_m merupakan puncak puncak tegangan masukan, tegangan keluaran rata-rata V_{dc} dapat diperoleh dari :

$$\begin{aligned} V_{dc} &= \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_m \sin \omega t (d\omega t) \\ &= -\frac{V_m}{2\pi} [\cos \omega t]_{\alpha}^{\pi} \\ &= -\frac{V_m}{2\pi} (\cos \pi - \cos \alpha) \end{aligned}$$

$$\boxed{V_{dc} = \frac{V_m}{2\pi} (\cos \alpha + 1)}$$

dan V_{dc} dapat bervariasi dari $\frac{V_m}{\pi}$ hingga nol dengan mengubah-ubah α antara 0 hingga π .

Tegangan keluaran rata-rata akan menjadi maksimum bila $\alpha = 0$ dan tegangan keluaran maksimum akan menjadi $V_{dc} = \frac{V_m}{\pi}$.

Tegangan keluaran rms diberikan oleh :

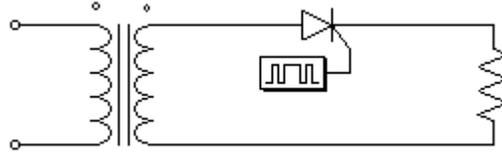
$$\begin{aligned} V_{rms} &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} V_m^2 \sin^2 \omega t dt \\ &= \frac{1}{2\pi} V_m^2 \int_0^{\pi} \sin^2 \omega t dt \\ &= \frac{1}{2\pi} V_m^2 \int_0^{\pi} \frac{1}{2} (1 - \cos 2\omega t) dt \end{aligned}$$

6.2.1 Penyearah gelombang satu fasa

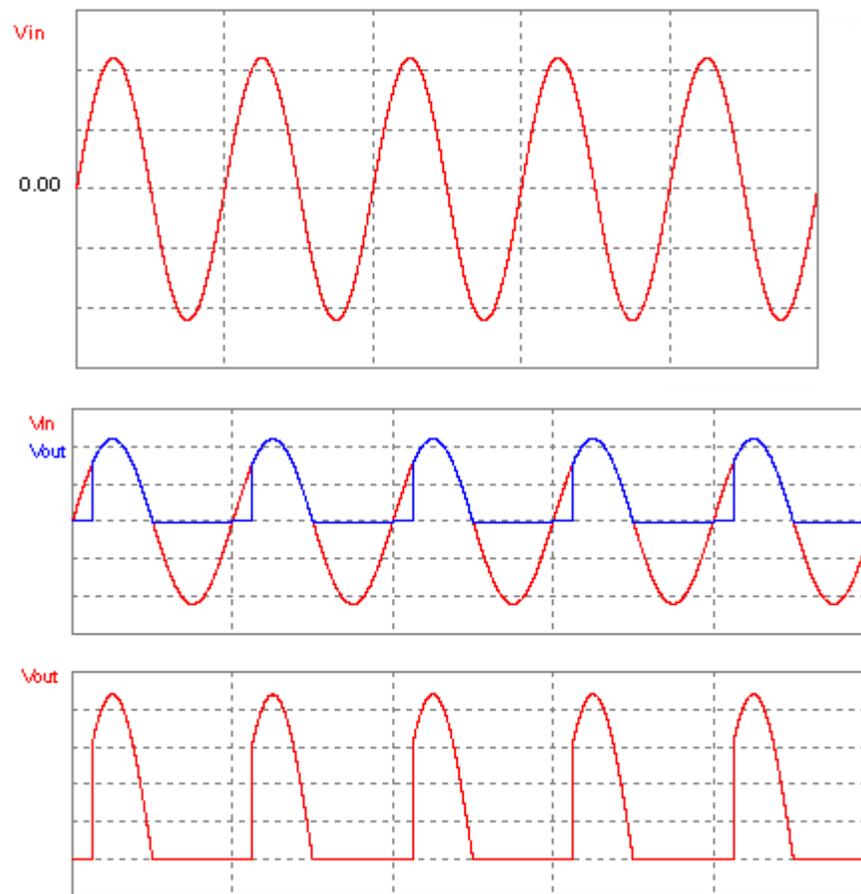
(a) Konverter (half wave)

Penyearah setengah gelombang satu fasa, ditunjukkan pada gambar berikut

:



(a)



(b)

Gambar 6-2 : Penyearah setengah gelombang satu fasa dengan SCR

(a) Rangkaian

(b) Bentuk gelombang

Tegangan rata-rata dapat diperoleh dari :

$$\begin{aligned} V_C &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{\beta-\alpha} V_m \sin(\omega t + \alpha) dt \\ &= -\frac{V_m}{2\pi} [\cos \omega t]_0^{\beta-\alpha} \\ &= -\frac{V_m}{2\pi} (\cos \alpha - \cos \beta) \end{aligned}$$

α = sudut penyalan

$$\begin{aligned} V_{C \text{ RMS}} &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} V_m^2 \sin^2 \omega t dt \\ &= \frac{1}{2\pi} V_m^2 \int_0^{\pi} \sin^2 \omega t dt \\ &= \frac{1}{2\pi} V_m^2 \int_0^{\pi} \frac{1}{2} (1 - \cos 2\omega t) dt \end{aligned}$$

$V_m = 2 E$, E adalah tegangan efektif.

The force factor :

$$FF = \frac{V_{CRMS}}{V_C}$$

The Average Load Current :

$$I_C = \frac{V_C}{R_L}$$

$$I_{C \text{ RMS}} = \frac{V_{CRMS}}{R_L}$$

The average load power :

$$P_C = V_C I_C$$

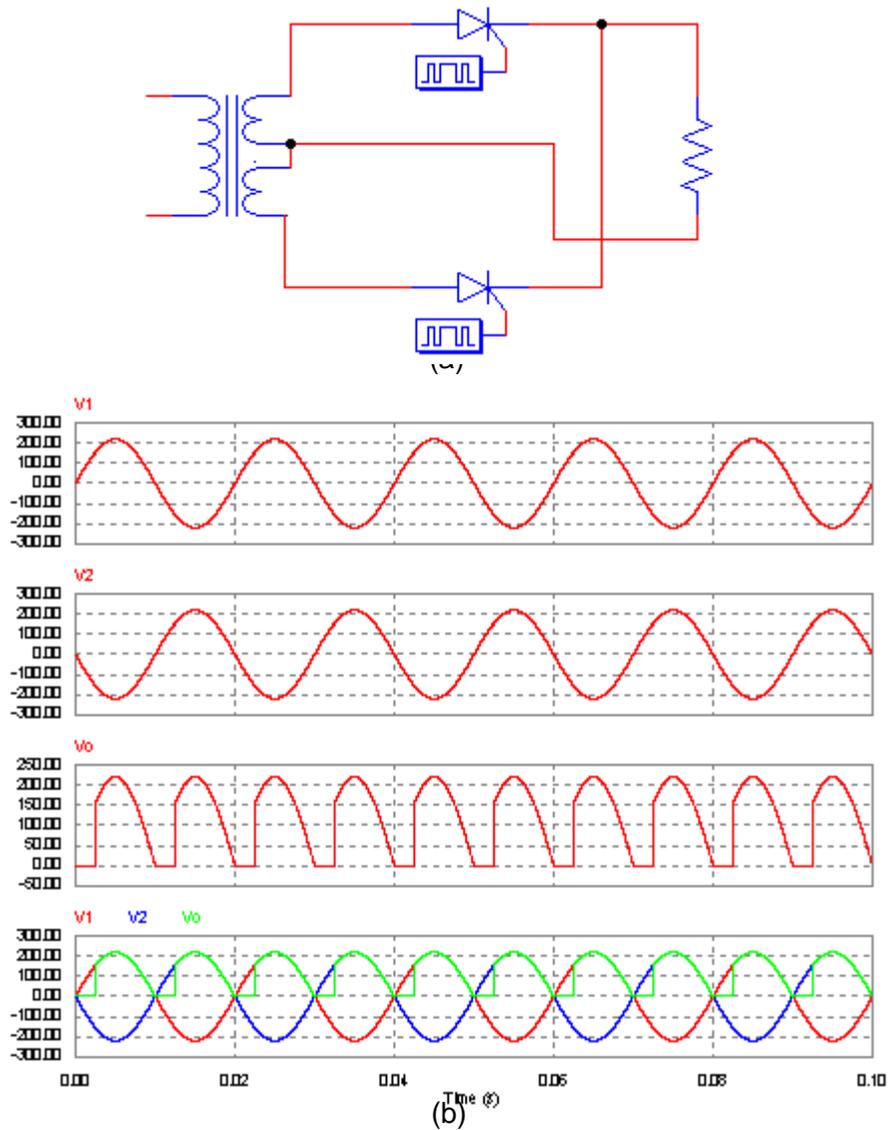
The total load power :

$$P_T = V_{C \text{ RMS}} I_{C \text{ RMS}}$$

$$\text{Arus RMS yang melalui penyearah : } I_a = \frac{I_{C \text{ RMS}}}{\sqrt{2}}$$

(b) Konverter penuh (full wave)

Penyearah gelombang penuh satu fasa, ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 6-3 : Penyearah gelombang penuh satu fasa dengan SCR

- (a) Rangkaian
- (b) Bentuk gelombang

Tegangan rata-rata dapat diperoleh dari :

$$\begin{aligned}
 V_C &= \frac{2}{2\pi} \int_0^{\beta-\alpha} V_m \sin(\omega t + \alpha) dt \\
 &= -\frac{V_m}{\pi} [\cos \omega t]_0^{\beta-\alpha} \\
 &= -\frac{V_m}{\pi} (\cos \alpha - \cos \beta) \\
 &= \frac{2V_m}{\pi}
 \end{aligned}$$

α = sudut penyalaan

$$\begin{aligned}
 V_{C \text{ RMS}} &= \frac{2}{2\pi} \int_0^{\pi} V_m^2 \sin^2 \omega t dt \\
 &= \frac{V_m^2}{\pi} \int_0^{\pi} \sin^2 \omega t dt \\
 &= \frac{1}{2\pi} V_m^2 \int_0^{\pi} \frac{1}{2} (1 - \cos 2\omega t) dt \\
 &= \frac{V_m}{\sqrt{2}}
 \end{aligned}$$

$V_m = 2 E$, E adalah tegangan efektif.

The force factor :

$$FF = \frac{V_{CRMS}}{V_C}$$

The Average Load Current :

$$I_C = \frac{V_C}{R_L}$$

$$I_{C \text{ RMS}} = \frac{V_{CRMS}}{R_L}$$

The average load power :

$$P_C = V_C I_C$$

The total load power :

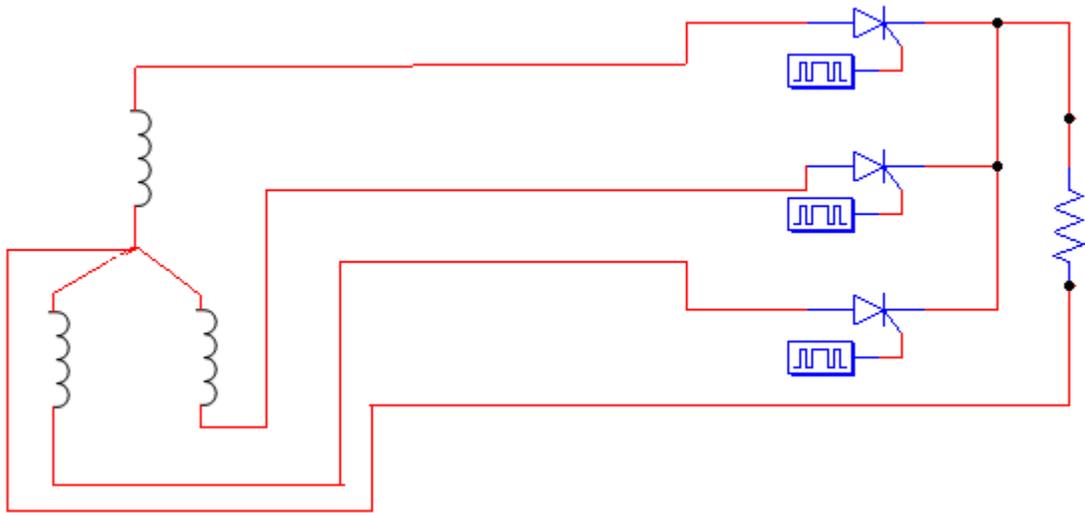
$$P_T = V_{C \text{ RMS}} I_{C \text{ RMS}}$$

$$\text{Arus RMS yang melalui penyearah : } I_a = \frac{I_{C \text{ RMS}}}{\sqrt{2}}$$

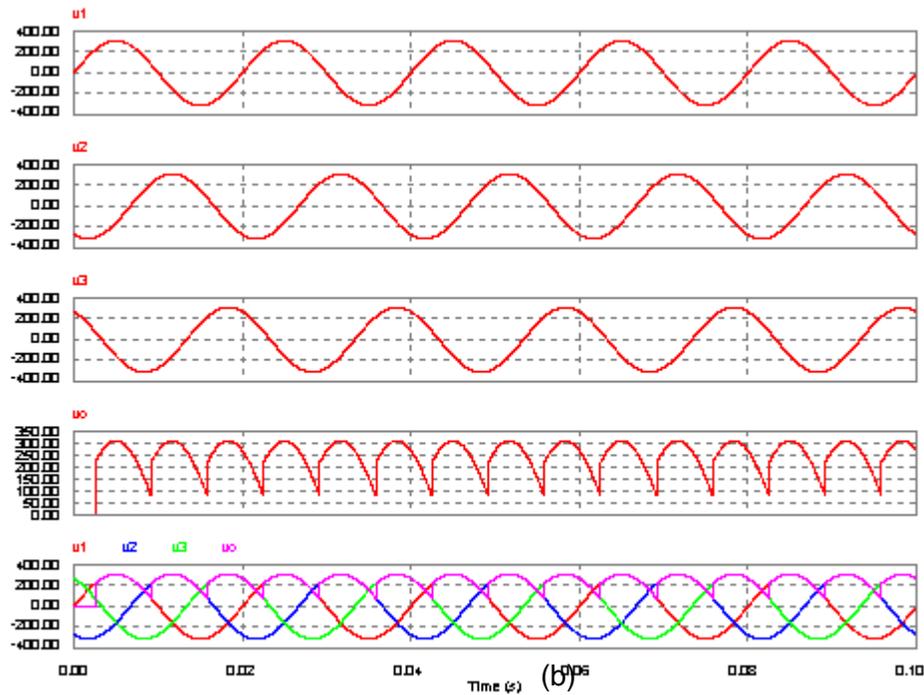
6.2.1 Penyearah gelombang tiga fasa

(c) Konverter (half wave)

Penyearah setengah gelombang tiga fasa, ditunjukkan pada gambar berikut :



(a)



Gambar 6-4 : Penyearah setengah gelombang tiga fasa dengan SCR

(c) Rangkaian

(d) Bentuk gelombang

Tegangan rata-rata dapat diperoleh dari :

$$V_c = \frac{3}{2\pi} \int_{\pi/6+\alpha}^{5\pi/6-\alpha} V_m \sin(\omega t + \alpha) dt$$

$$= \frac{3\sqrt{3}V_m}{2\pi} \cos \alpha$$

α = sudut penyalan

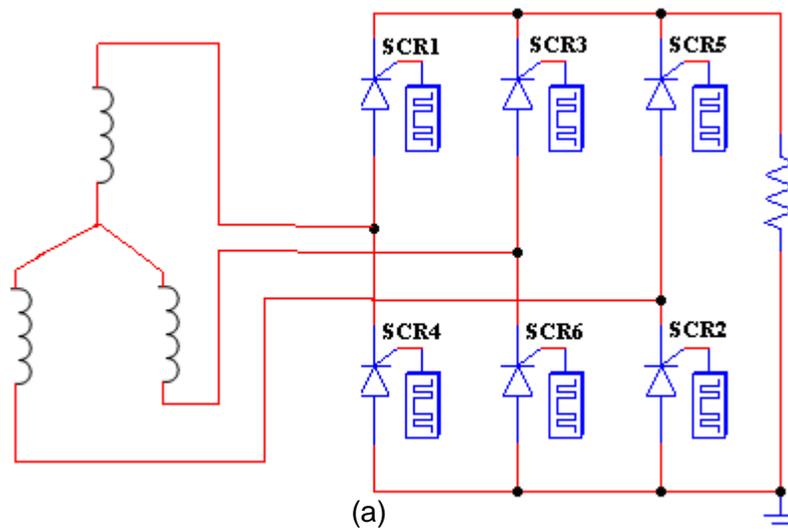
$$V_{c \text{ RMS}} = \frac{3}{2\pi} \int_{\pi/6+\alpha}^{5\pi/6-\alpha} V_m^2 \sin^2 \omega t dt$$

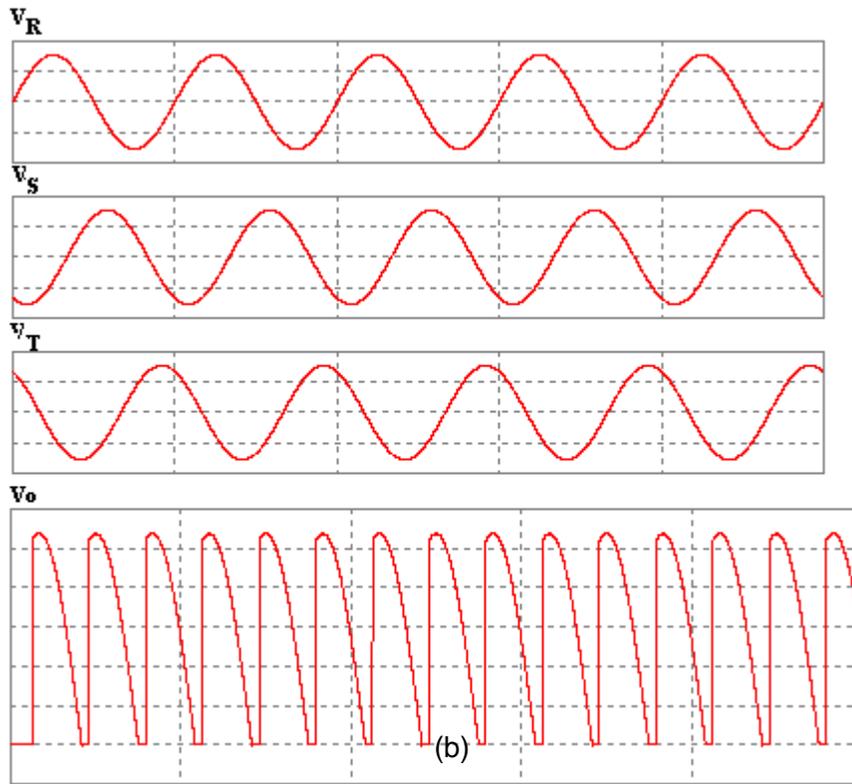
$$= \sqrt{3}V_m \left[\frac{1}{6} + \frac{\sqrt{3}}{8\pi} \cos 2\alpha \right]$$

$V_m = 2 E$, E adalah tegangan efektif.

(d) Konverter penuh (full wave)

Penyearah gelombang penuh tiga fasa, ditunjukkan pada gambar berikut :





Gambar 6-5 : Penyearah gelombang penuh satu fasa dengan SCR

- (c) Rangkaian
- (d) Bentuk gelombang

Tegangan rata-rata dapat diperoleh dari :

$$V_c = \frac{3}{2\pi} \int_{\pi/6+\alpha}^{\pi/2-\alpha} V_m \sin(\omega t + \alpha) dt$$

$$= \frac{3\sqrt{3}V_m}{4\pi} \cos \alpha$$

α = sudut penyalan

$$V_{C\text{ RMS}}^2 = \frac{3}{2\pi} \int_{\pi/6+\alpha}^{\pi/2+\alpha} V_m^2 \sin^2 \omega t dt$$

$$= \sqrt{3}V_m \left[\frac{1}{2} + \frac{3\sqrt{3}}{4\pi} \cos 2\alpha \right]$$

$V_m = 2 E$, E adalah tegangan efektif.

6.3 Latihan soal

1. Diketahui penyearah setengah gelombang tiga fasa, dengan sudut penyalaan 45°
 - a. Buatlah rangkaiannya !
 - b. Hitunglah $V_{rata-rata}$ dan V_{RMS} nya

2. Buktikan persamaan tegangan rata-rata dan tegangan RMS pada penyearah gelombang satu fasa !

Modul – 7 Aktuator

Hasil Pembelajaran :

Mahasiswa dapat memahami dan menjelaskan karakteristik dari Aktuator Listrik

Tujuan

Bagian ini memberikan informasi mengenai karakteristik dan penerapan Aktuator Listrik.

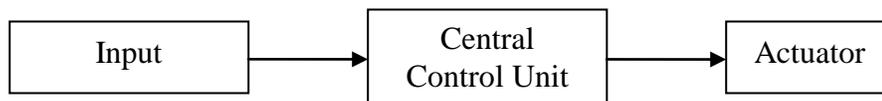
7.1 Pendahuluan

Aktuator adalah bagian yang berfungsi sebagai penggerak dari perintah yang diberikan oleh input. Aktuator terdiri dari dua jenis yaitu :

1. Aktuator Listrik dan ;
2. Aktuator Pneumatik

Pada modul bagian ini, hanya akan dijelaskan mengenai aktuator listrik.

Gambar berikut adalah skema kontrol secara umum :



Gambar 7.1. Skema kontrol

7.2 Aktuator Listrik

Aktuator listrik terdiri dari :

1. Relay
2. Motor Arus Searah (DC)
3. Motor Arus Bolak-balik (AC)

Berikut penjelasan dari jenis-jenis aktuator :

7.2.1 Relay

Relay merupakan peralatan kontrol elektomagnetik yang dapat mengaktifkan dan mematikan kontaktor.

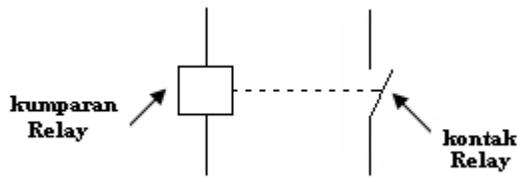
Relay sendiri merupakan kontrak elektronik, karena terdapat koil/kumparan yang akan menggerakkan kontak membuka atau menutup bila kumparannya diberi aliran arus listrik. Berikut ini adalah keuntungan dan kerugian menggunakan relay/kontaktor.

Keuntungan:

- Mudah diadaptasikan untuk tegangan yang berbeda.
- Tidak banyak dipengaruhi oleh temperatur sekitarnya. Relay terus beroperasi pada temperatur 353 K (80°C) sampai 240 K (-33°C).
- Tahanan yang relatif tinggi antara kontak kerja pada saat terbuka.
- Beberapa rangkaian terpisah dapat dihidupkan.
- Rangkaian yang mengontrol relay dan rangkaian yang membawa arus yang terhubung secara fisik terpisah satu sama lainnya.

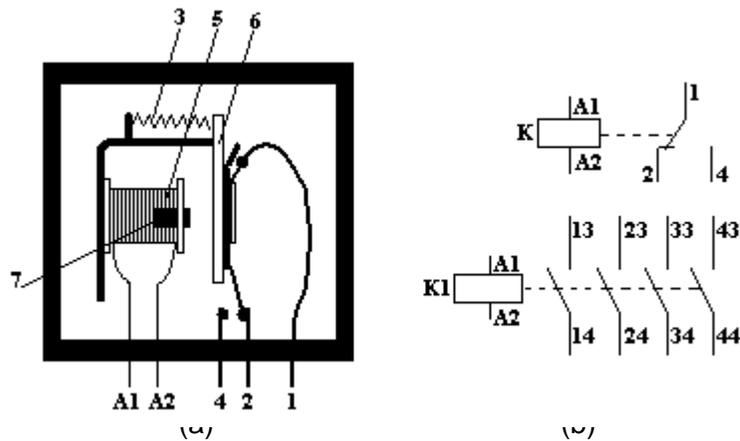
Kerugian:

- Kontak dibatasi pada keausan dari bunga api atau dari oksidasi (material kontak yang terbaik adalah platina, emas, dan perak).
- Menghabiskan banyak tempat dibandingkan dengan transistor.
- Menimbulkan bunyi selama proses kontak.
- Kecepatan kontak terbatas 3 ms sampai 17 ms.
- Kontaminasi (debu) dapat mempengaruhi umur kontak.



Gambar 7.2. Simbol umum Relay

Berikut adalah salah satu jenis Relay dan simbolnya :



Gambar 7-3. (a) Bagian Relay

(b) simbol

Kontak-kontak suatu relay terdiri dari Normal Open (NO) dan Normal Closed (NC), yang mana dalam keadaan normal / tidak bekerja bilah-bilah NO dalam keadaan terbuka dan bilah-bilah NC dalam keadaan tertutup. Tetapi bila relay dalam keadaan bekerja maka bilah-bilah NO dalam keadaan tertutup dan bilah-bilah NC dalam keadaan terbuka.

7.2.2 Motor DC

Motor arus searah (DC) ialah suatu mesin yang berfungsi mengubah tenaga listrik arus searah menjadi gerak atau energi mekanik, dimana tenaga gerak tersebut berupa putaran dari rotor.

Prinsip Kerja Motor DC

Prinsip kerja suatu motor arus searah adalah suatu kumparan jangkar terdiri dari belitan dan terletak diantara kutub-kutub magnet. Kalau kumparan dilalui arus maka pada kedua sisi kumparan bekerja gaya Lorentz. Aturan tangan kiri dapat digunakan untuk menentukan arah gaya Lorentz, dimana gaya jatuh pada telapak tangan, jari-jari yang direntangkan menunjukkan arah arus, maka ibu jari yang direntangkan menunjukkan arah gaya.

Kedua gaya yang timbul merupakan sebuah kopel. Kopel yang dibangkitkan pada kumparan sangat tidak teratur, karena kopel itu berayun antara nilai maksimum dan nol. Untuk mendapatkan kopel yang relatif sama dan sama besar, dibagi sejumlah besar kumparan di sekeliling jangkar. Kumparan-kumparan itu dihubungkan dengan lamel tersendiri pada komutator, sehingga motor arus searah tidak berbeda dengan generator arus searah.

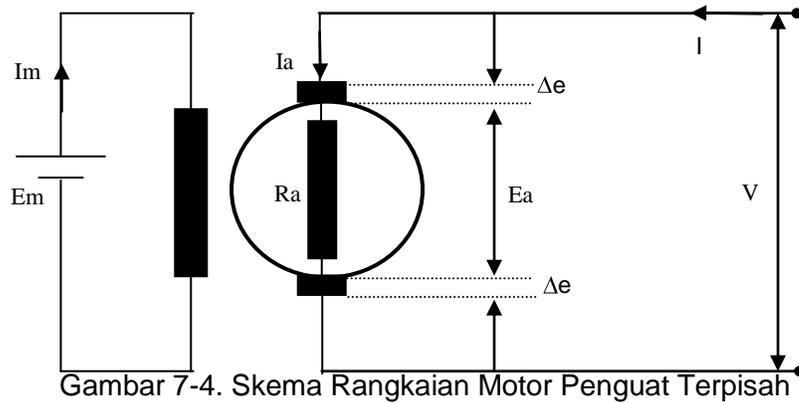
Perbedaan motor dan generator hanya terletak pada konversi dayanya. Generator adalah mesin listrik yang mengubah daya masuk mekanik menjadi daya listrik. Sedangkan motor mengubah daya masuk listrik menjadi mekanik.

Jenis Motor Arus Searah

Berdasarkan cara memberikan fluks pada kumparan medannya, motor arus searah dapat dibedakan menjadi dua yaitu motor penguat terpisah dan motor penguat sendiri.

Motor Penguat Terpisah

Disebut motor penguat terpisah karena sumber tegangan yang digunakan untuk menyuplai lilitan penguat medan magnet adalah terpisah dari rangkaian kelistrikan motor. Agar lebih jelas perhatikan skema Gambar 7-4 sebagai berikut :



Gambar 7-4. Skema Rangkaian Motor Penguat Terpisah

$$\text{Persamaan arusnya adalah : } I_m = E_m/R_m$$

$$I_a = I$$

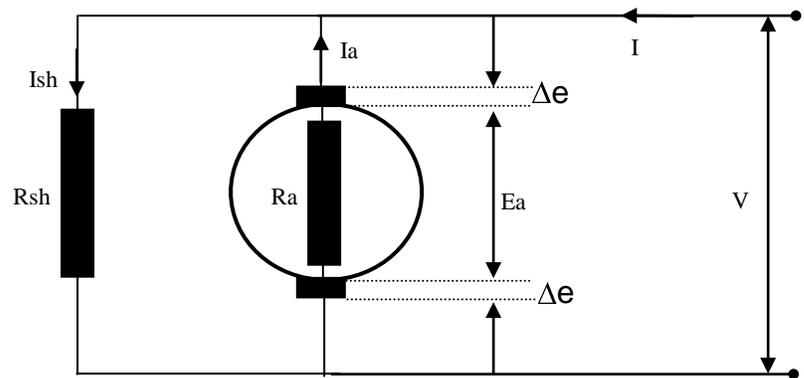
$$\text{Persamaan tegangannya adalah : } E_a = V + I_a R_a$$

Motor Penguat Sendiri

Dikatakan motor penguat sendiri karena sumber tagangan yang digunakan untuk menyuplai lilitan penguat medan magnet adalah menjadi satu dengan rangkaian kelistrikan motor. Ditinjau dari cara menyambung lilitan penguat medan magnetnya, terdapat beberapa jenis motor yaitu :

Motor Shunt

Motor shunt adalah motor penguat sendiri yang lilitan penguat medan magnetnya disambung paralel dengan lilitan jangkar. Pada motor ini, jumlah lilitan penguat magnet banyak, namun luas penampang kawatnya kecil. Hal ini daharapkan agar hambatan lilitan penguatnya besar. Skema rangkaiannya adalah seperti Gambar 7-5 berikut :



Gambar 7-5. Skema Rangkaian Motor Shunt

Persamaan arusnya adalah :

$$I_a = I + I_{sh}$$

$$I_{sh} = V_{sh}/R_{sh}$$

Persamaan tegangannya adalah :

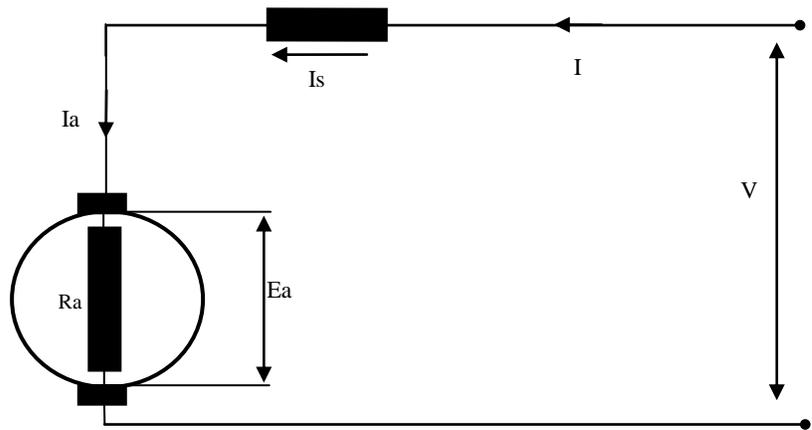
$$E_a = V + I_a R_a$$

$$V_{sh} = I_{sh} R_{sh}$$

$$V = V_{sh}$$

Motor Seri

Motor seri adalah motor arus searah yang lilitan penguat medan magnetnya disambung seri dengan lilitan jangkar. Pada motor ini, jumlah lilitan penguat magnet sedikit, namun luas penampang kawatnya besar. Hal ini diharapkan agar hambatan lilitan penguatnya kecil. Skema rangkaianannya dapat dilihat seperti Gambar 7-6 berikut :



Gambar 7-6. Skema Rangkaian Motor Seri

Persamaan arusnya adalah : $I_a = I_s = I$

Persamaan Tegangannya adalah : $E_a = V + I_a R_a + I_s R_s$

E_m = Sumber tegangan pada lilitan penguat magnet pada motor penguat terpisah

E_a = GGL lawan motor

V = Tegangan terminal motor

I_a = Arus jangkar

I_s = Arus pada lilitan penguat magnet seri

I_{sh} = Arus pada lilitan penguat magnet shunt

I = Arus dari sumber yang masuk ke motor

R_a = Hambatan pada lilitan jangkar

R_{sh} = Hambatan pada lilitan penguat magnet shunt

R_s = Hambatan pada lilitan penguat magnet seri

R_m = Hambatan pada lilitan penguat magnet motor penguat terpisah

Besarnya GGL lawan

Besarnya ggl lawan pada lilitan jangkar dapat ditentukan berdasarkan rumus :

$$E_a = P\Phi (n/60) (Z/A) \text{ volt}$$

$$E_a = C_1 n\Phi$$

Keterangan :

E_a = ggl lawan yang dibangkitkan oleh lilitan jangkar (volt)

P = Jumlah kutub

n = jumlah putaran rotor (rpm)

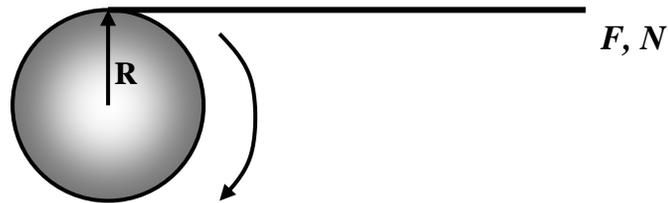
Z = Jumlah penghantar total lilitan jangkar

Φ = Jumlah garis-garis gaya magnet tiap kutub (Weber)

A = Jumlah cabang paralel lilitan jangka

Torsi Motor

Untuk mengetahui besarnya torsi yang dihasilkan oleh motor listrik arus searah dapat dilakukan analisis sebagai berikut (perhatikan Gambar 7-7)



Gambar 7-7. Gaya yang Dihasilkan pada Sebuah Kumputan

Berdasarkan Gambar 7-7 di atas persamaan untuk Torsi adalah

$$T = F \times R \text{ Nm}$$

Terdapat suatu rumus :

$$\text{Usaha} = \text{Gaya} \times \text{Jarak}$$

Jika jarak yang ditempuh merupakan suatu bentuk lingkaran seperti Gambar 7-7 di atas, maka :

$$\text{Usaha} = F \times 2\pi R \text{ Joule}$$

Misal poros berputar n putaran tiap detik, maka :

$$\begin{aligned} \text{Usaha/detik} &= F \times 2\pi R \times n \text{ Joule/detik} \\ &= F \times R \times 2\pi n \text{ Joule/detik} \\ &= T \times \omega \text{ Joule/detik} \end{aligned}$$

$$\text{Daya} = T \times \omega \text{ Watt}$$

Untuk n = jumlah putaran tiap menit, maka $\omega = (2\pi n/60)$

Dapat juga dituliskan bahwa :

$$T = P / (2\pi n/60) \text{ Nm}$$

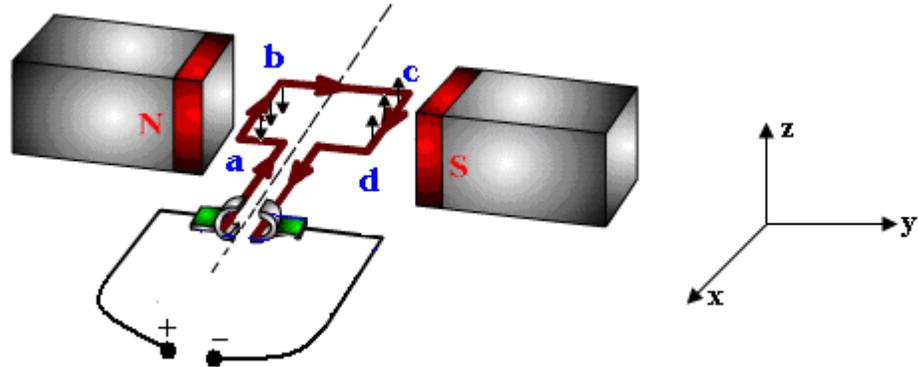
Berdasarkan rumus di atas : $T_a = P_a / (2\pi n/60) \text{ Nm}$ atau $T_a = E_a \times I_a / (2\pi n/60) \text{ Nm}$

$$T_a = P\Phi (n/60) (Z/A) I_a / (2\pi n/60) \text{ Nm}$$

$$T_a = C_2 \Phi I_a$$

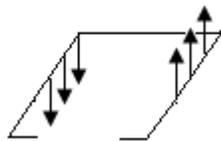
Cara Mengubah Arah Putaran Motor

Perhatikan gambar 7-8 berikut :



Gambar7-8. Prinsip kerja Motor DC

$$\begin{aligned} F_{ab} &= I \mathbf{l} \times \mathbf{B} \\ &= -a^x \mathbf{l} \times a^y B \\ &= -a^z \mathbf{l} B \end{aligned}$$

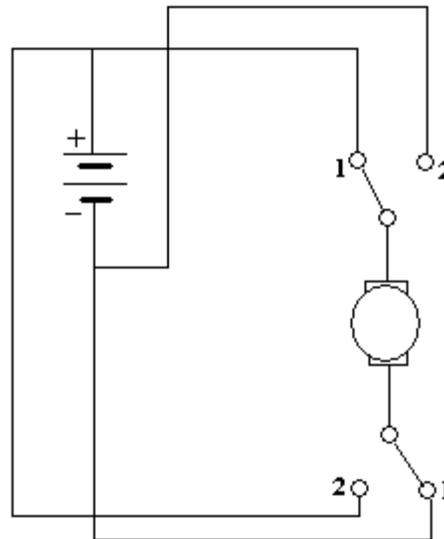


$$\begin{aligned} F_{cd} &= I \mathbf{l} \times \mathbf{B} \\ &= a^x \mathbf{l} \times a^y B \\ &= a^z \mathbf{l} B \end{aligned}$$

Kedua gaya diatas merupakan pasangan gaya sehingga akan timbul torsi. Bagian bc dan ad gayanya saling menghilangkan.

$$\begin{aligned} T &= \vec{r} \times \vec{p} \\ &= r B \mathbf{l} \end{aligned}$$

Torsi mengakibatkan benda dapat berputar dan jika ingin membalikkan putaran pada motor DC dengan cara mengubah polaritas, seperti gambar 7-9 berikut :



Gambar7-9. Cara Mengubah Putaran Motor dengan Saklar

Pada titik (1) motor bergerak atau berputar ke satu arah tertentu dan jika saklar pada titik (2) motor berputar berlawanan dengan arah semula.

7.2.3 Motor AC

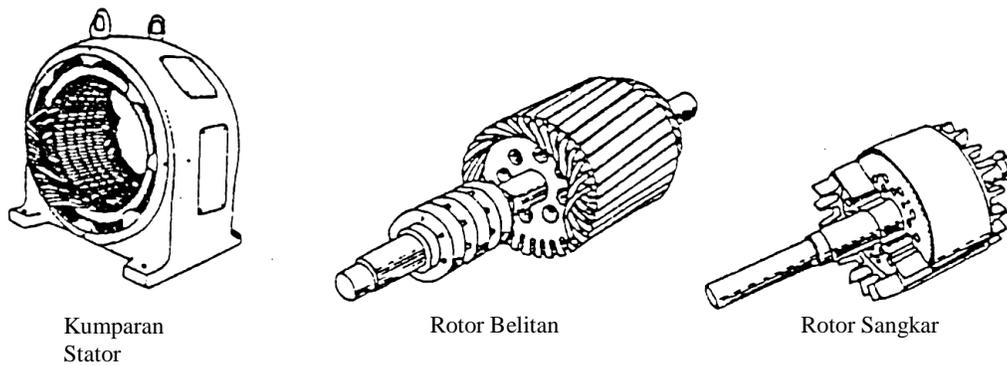
Salah satu contoh dari motor AC adalah Motor Induksi, yang terbagi menjadi dua bagian , yaitu :

1. Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi merupakan motor arus bolak-balik yang paling luas digunakan. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa 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 magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator.

Belitan stator yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan tiga fasa akan menghasilkan medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron ($n_s = 120f/2p$). Medan putar pada stator tersebut akan memotong konduktor-konduktor pada rotor, sehingga terinduksi arus, dan sesuai dengan hukum Lentz.

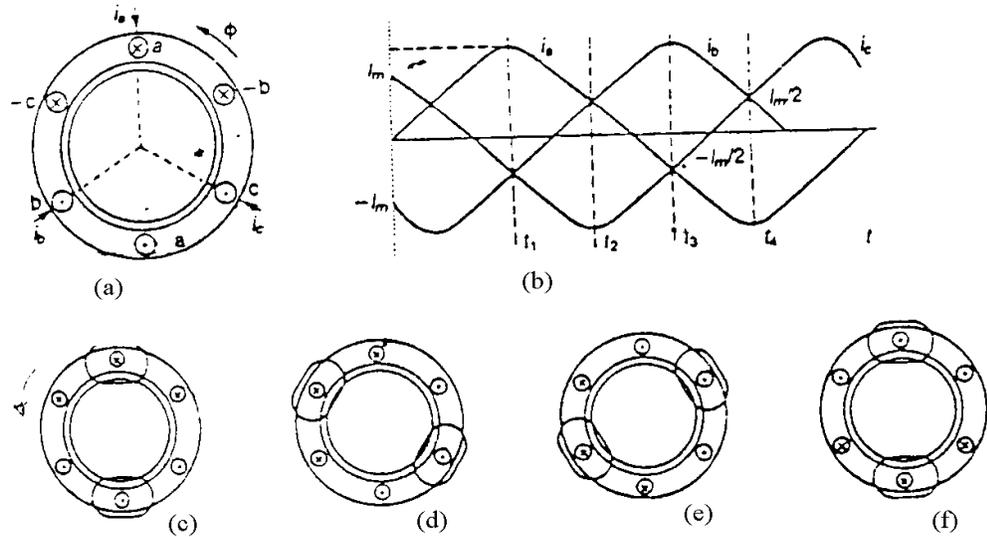
Rotor pun akan turut berputar mengikuti medan putar stator. Perbedaan putaran relatif antara stator dan rotor disebut slip. Bertambahnya beban, akan memperbesar kopel motor, yang oleh karenanya akan memperbesar pula arus induksi pada rotor, sehingga slip antara medan putar stator dan putaran rotor pun akan bertambah besar. Jadi, bila beban motor bertambah, putaran rotor cenderung menurun. Dikenal dua tipe motor induksi (lihat Gambar 7 -10) yaitu motor induksi dengan rotor belitan dan motor induksi dengan rotor sangkar.



Gambar 7-10. Dua Tipe Motor Induksi Rotor Sangkar dan Rotor Belitan.

Medan Putar

Perputaran motor pada mesin arus bolak-balik ditimbulkan oleh adanya medan putar (fluks yang berputar) yang dihasilkan pada kumparan statornya. Medan putar ini terjadi apabila kumparan stator dihubungkan dalam fasa banyak, umumnya fasa 3. Hubungan dapat berupa hubungan bintang atau delta. Disini akan dijelaskan bagaimana terjadinya medan putar itu. Perhatikanlah Gambar 8.



Gambar 7-11. Prinsip Terjadinya Medan Putar Pada Motor Induksi.

Misalnya kumparan a-a; b-b; c-c dihubungkan 3 fasa, dengan beda fasa masing masing 120° (Gambar7-11.a) dan dialiri arus sinusoid. Distribusi i_a , i_b , i_c , sebagai fungsi waktu adalah seperti Gambar 7-11.b. Pada keadaan t_1 , t_2 , t_3 dan t_4 , fluks resultan yang dihubungkan oleh kumparan tersebut masing masing adalah seperti Gambar 7-11.c, d, e, dan f. Pada t_1 fluks resultan mempunyai arah samadengan arah fluks yang dihasilkan oleh kumparan a-a; sedangkan pada t_2 , fluks resultannya dihasilkan oleh kumparan b-b. Untuk t_4 fluks resultannya berlawanan arah dengan fluks resultan yang dihasilkan pada saat t_1 . (Keterangan ini akan lebih jelas pada tinjauan vektor). Dari Gambar 7-11.c, d, e dan f tersebut terlihat bahwa fluks resultan ini akan berputar satu kali. Oleh karena itu, untuk mesin berjumlah kutub lebih dari 4, kecepatan sinkron dapat diturunkan sebagai berikut:

$$N_s = 120f/p$$

f = frekuensi

p = jumlah kutub

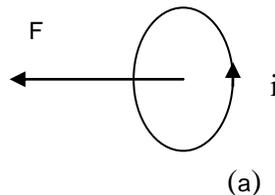
Tinjauan Vektor

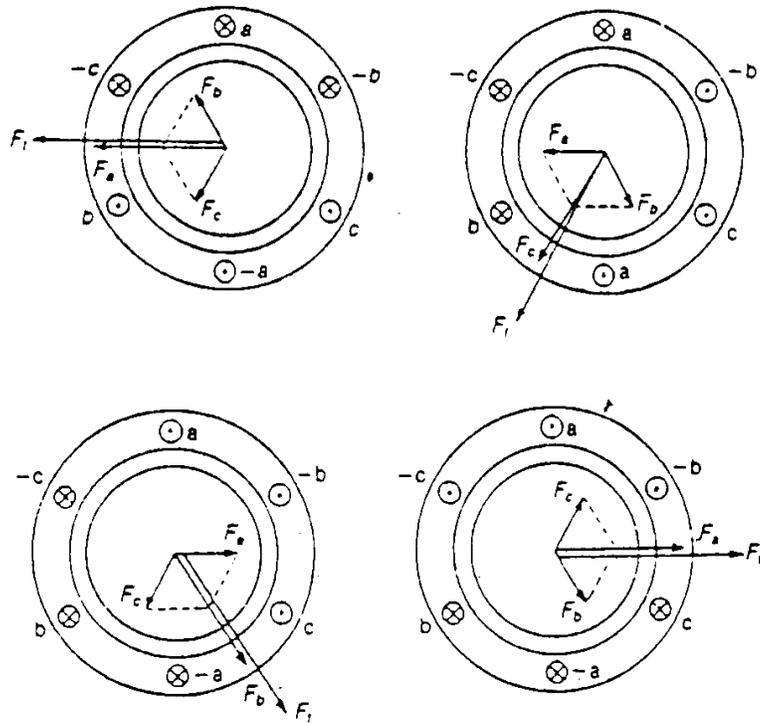
Analisis secara vektor didapatkan atas dasar:

- (1) Arah fluks yang ditimbulkan oleh arus yang mengalir dalam suatu lingkaran sesuai dengan perputaran sekrup (Gambar 7-12.a).
- (2) Besarnya fluks yang ditimbulkan ini sebanding dengan arus yang mengalir.

Notasi yang dipakai untuk menyatakan positif dan negatifnya arus yang mengalir pada kumparan a-a, b-b, c-c yaitu: untuk harga positif, dinyatakan apabila tanda silang (x) terletak pada pangkal konduktor tersebut (titik a, b, c). Sedangkan negative apabila ada tanda titik (.) terletak pada pangkal konduktor tersebut (Gambar 7-12.b). Maka diagram vektor untuk fluks total pada keadaan t_1 , t_2 , t_3 , t_4 dapat dilihat pada Gambar 7-12.b.

Dari semua diagram vektor diatas dapat dilihat bahwa fluks resultan berjalan (berputar).





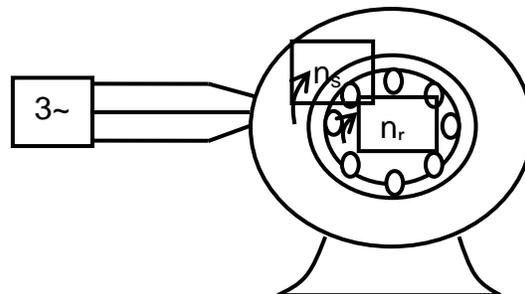
(b)

Gambar 7-12. Vektor Arah Fluks dalam Kumparan Stator.

Prinsip Kerja Motor Induksi

Adapun prinsip kerja motor induksi sebagai berikut :

1. Apabila sumber tegangan tiga fasa dipasang pada kumparan stator akan timbul medan putar dengan kecepatan $n_s = 120 f/p$.
2. Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor.



Gambar 7-13. Motor Induksi Disuplai Arus 3 Fasa.

3. Akibatnya pada kumparan rotor timbul tegangan induksi (ggl) sebesar:

$$E_{2s} = 4,44 f_2 N_2 \phi_m \quad (\text{untuk satu fasa}).$$

E_{2s} adalah tegangan induksi pada saat rotor berputar.

4. Karena kumparan rotor merupakan rangkaian yang tertutup, maka ggl (E) akan menghasilkan arus (I).
5. Adanya arus (I) di dalam medan magnet menimbulkan gaya magnet (F) pada rotor.
6. Bila kopel mula dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor yang cukup besar untuk memikul kopel beban rotor akan berputar searah dengan medan putar stator.
7. Seperti telah dijelaskan pada (3) tegangan induksi timbul karena terpotongnya batang konduktor (rotor) oleh medan putar stator. Artinya agar tegangan terinduksi diperlukan adanya perbedaan relative antara kecepatan medan putar stator n_s dengan kecepatan berputar rotor n_r .
8. Perbedaan antara n_s dan n_r disebut slip (S) dinyatakan dengan:

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\%$$

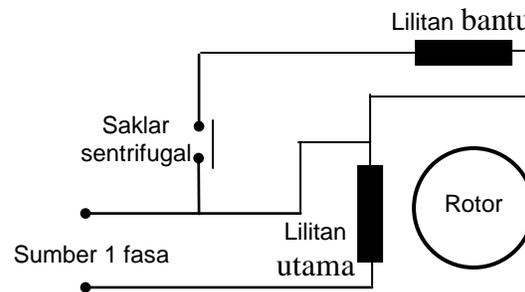
9. Bila $n_s = n_r$, tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar rotor dengan demikian tidak dihasilkan kopel. Kopel motor akan ditimbulkan apabila n_r lebih kecil dari n_s .
10. Dilihat dari kerjanya motor induksi disebut juga sebagai motor tak serempak atau asinkron.

2. Motor Induksi 1 Fasa

Terdapat bermacam-macam motor satu fasa, yaitu yang dikategorikan motor induksi meliputi : motor fasa belah, motor kapasitor, motor kutub bayangan, motor induksi repulsi, dan sebagainya. Sedangkan motor satu fasa yang tidak dikategorikan motor induksi satu fasa adalah motor universal dan motor repulsi. Dalam praktikum kali ini akan diperkenalkan salah satu jenis motor satu fasa yaitu motor kapasitor. Tinjauan singkat masing-masing jenis motor adalah sebagai berikut :

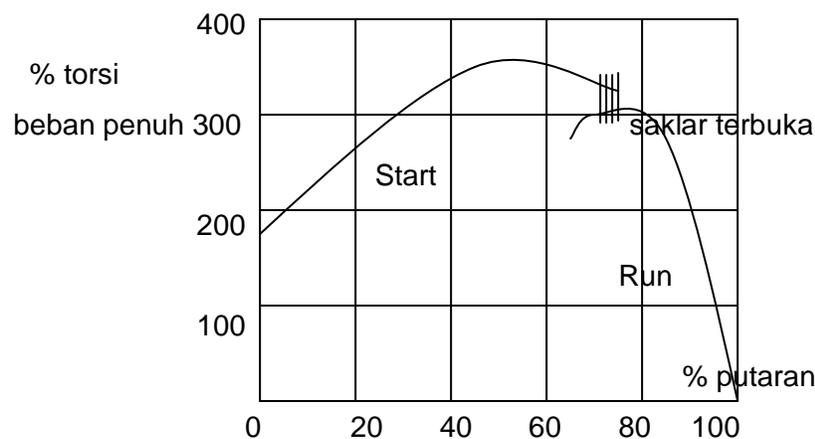
Motor Fasa belah

Untuk memperoleh putaran medan magnet stator, lilitan utama dan lilitan bantu dibuat sedemikian rupa sehingga arus yang mengalir pada masing-masing lilitan berbeda fasa. Medan magnet putar ini sangat diperlukan untuk memperoleh torsi awal yang besar.



Gambar 7-14. Skema motor induksi fasa belah

Untuk mencegah agar lilitan bantu tidak terus-menerus dialiri arus, maka pada lilitan bantu dipasang seri dengan sebuah saklar yang disebut saklar setrifugal. Apa bila putaran motor mendekati putaran nominal yaitu antara 70% - 80% putaran nominal, maka saklar sentrifugal akan memutus rangkaian lilitan bantu secara otomatis. Torsi awal yang dihasilkan sampai dengan motor berputar dengan kecepatan nominal adalah seperti Gambar 7-14.



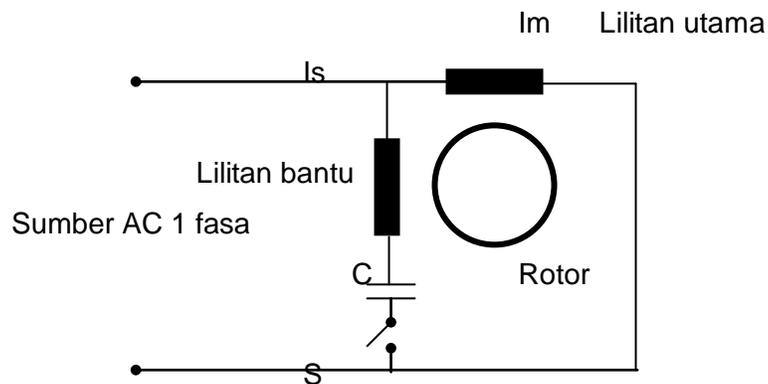
Gambar 7-15. Torsi Motor Fasa Belah Saat Start.

Motor Kapasitor

Motor kapasitor mempunyai prinsip kerja seperti motor fasa belah. Pada motor kapasitor, sebuah kapasitor dipasang seri dengan lilitan bantu dengan tujuan agar diperoleh beda fasa yang besar antara arus pada lilitan utama dan arus pada lilitan bantu. Terdapat 3 macam motor kapasitor yaitu : motor kapasitor start, motor kapasitor start dan run, dan motor kapasitor permanen.

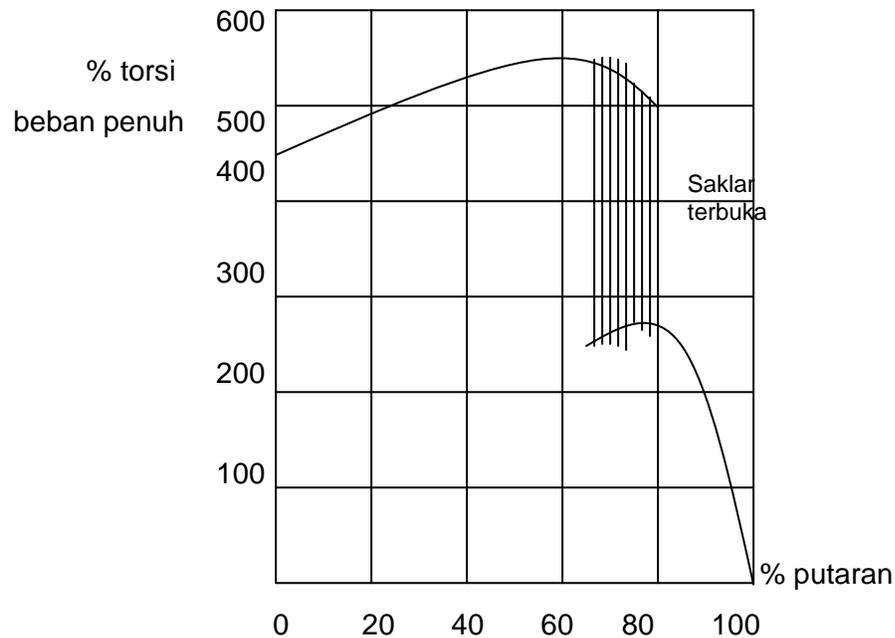
Motor Kapasitor Start

Skema rangkaian motor kapasitor start adalah seperti Gambar 7-16 berikut :



Gambar 7-16
Skema Rangkaian Motor Kapasitor Start dan Vektor Arusnya.

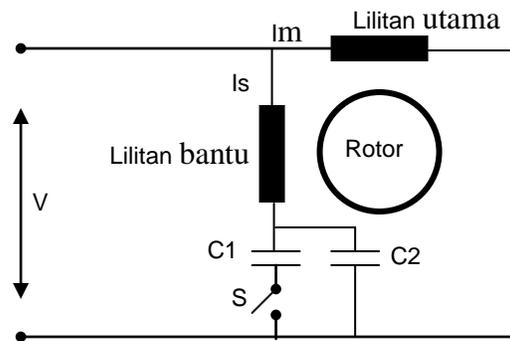
Sedangkan karakteristik $T = f(n)$ saat start adalah seperti Gambar 7-17 berikut :



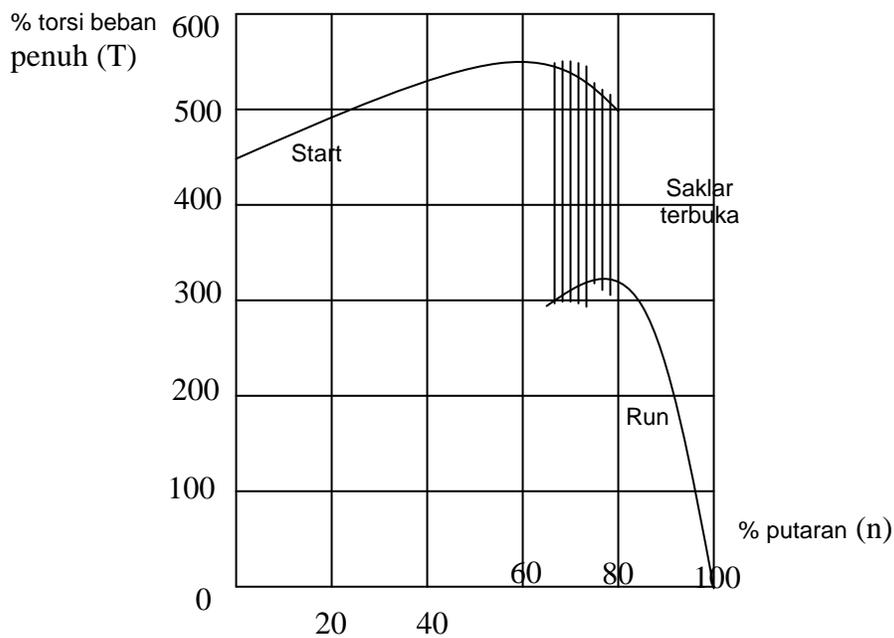
Gambar 7-17. Karakteristik $T = f(n)$ saat start

Motor Kapasitor Start dan Run

Pada motor kapasitor start dan run terdapat dua buah kapasitor yang dirangkai seperti Gambar 7-18 , sedangkan karakteristik $T = f(n)$ saat start adalah seperti Gambar 7-19 . Pada saat start, C1 dan C2 terhubung semua sehingga diperoleh beda fasa yang cukup besar antara arus pada lilitan utama dan arus pada lilitan bantu dan diperoleh torsi awal yang sangat besar. Setelah putaran motor mencapai 70% - 80% putaran nominal, kapasitor C1 terlepas namun kapasitor 2 tetap terhubung.



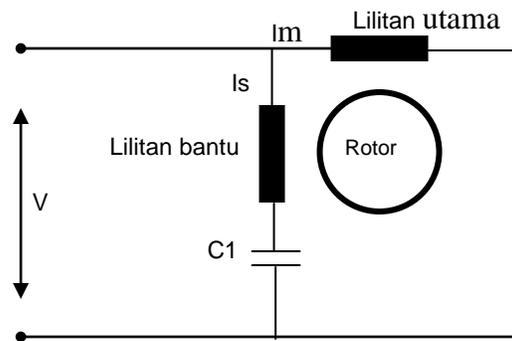
Gambar 7-18. Skema Rangkaian Motor Kapasitor Start



Gambar 7-19. Karakteristik $T = f(n)$ Saat Start.

Motor Kapasitor Permanen

Pada motor ini terdapat kapasitor yang terpasang tetap (permanen) secara seri dengan lilitan bantu. Skema rangkaian motor kapasitor permanen seperti Gambar 7-20. Karena kapasitor terpasang secara terus menerus, maka torsi yang dihasilkan baik pada saat start maupun setelah berputar nominal relatif tetap. Hal ini berarti bahwa motor ini banyak digunakan pada peralatan yang membutuhkan torsi baik awal maupun torsi saat beroperasi yang relatif tetap.



Gambar 7-20. Skema Rangkaian Motor Kapasitor Permanen

7.3 Latihan Soal

1. Jelaskan cara kerja dari Relay !
2. Berikan penjelasan dan analisa dari Motor DC Shunt !
3. Jelaskan prinsip kerja dari Mesin AC !
4. Buatlah sebuah contoh aplikasi dari Aktuator, dilengkapi dengan skema dan penjelasan cara kerjanya !

Modul – 8

Praktikum Komponen Elektronika

Hasil Pembelajaran :

Mahasiswa dapat memahami dan melaksanakan praktikum komponen elektronika

Tujuan

Bagian ini memberikan informasi mengenai penerapan komponen elektronika dalam praktikum

8.1 Pendahuluan

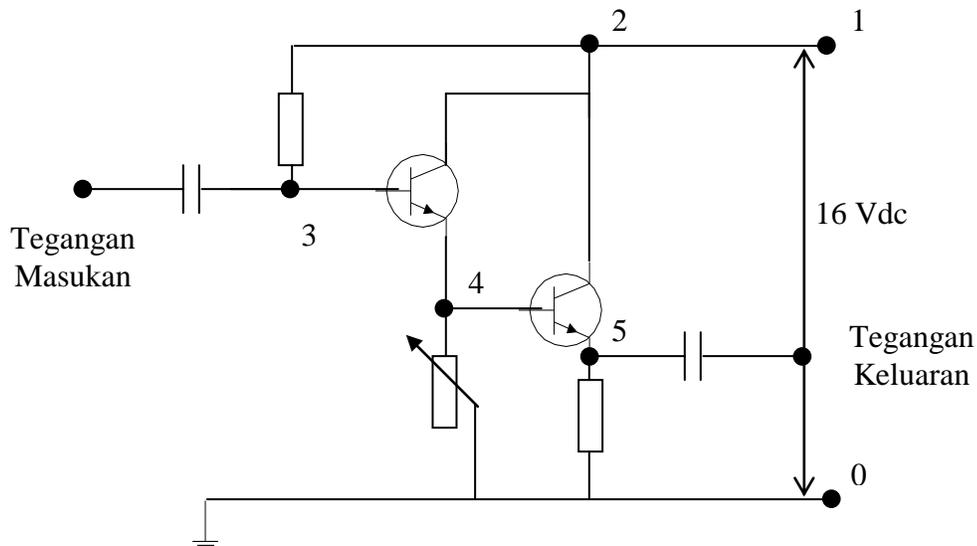
Pada bagian ini akan dilakukan beberapa percobaan dari komponen elektronika yang telah dijelaskan pada modul-modul sebelumnya. Komponen yang akan dicobakan yaitu :

1. Transistor Daya
2. SCR
3. UJT
4. TRIAC dan DIAC

8.2 Praktikum Komponen Elektronika

1. Praktikum komponen Transistor Daya

1. Perhatikan rangkaian percobaan penguat pasangan Darlington seperti pada Gambar 8-1 !



Gambar 8-1. Rangkaian Percobaan Penguat Pasangan Darlington.

2. Setelah rangkaian diperiksa secara cermat dan tidak ada kesalahan pada rangkaian, hubungkanlah catu daya dengan catu daya 16 V dc dan usahakan tegangan emiter pada transistor kedua diperoleh setengah dari sumber tegangan !
3. Aturilah tegangan dari generator fungsi hingga tegangan keluaran adalah 2 Vpp dan frekuensi = 1 KHz !
4. Ukurlah besaran tegangan masukan dan arus masukan pada simpul pengukuran !
5. Selesai percobaan, kembalikan alat dan bahan ke tempatnya semula.

Tabel 8-1. Pengukuran Transistor Daya

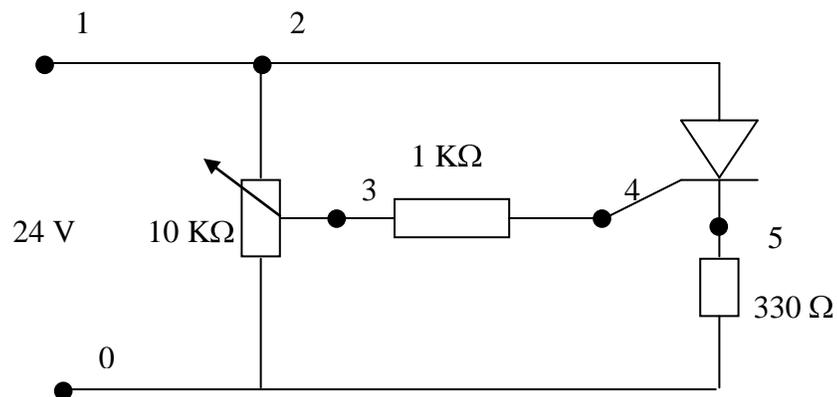
Pengaturan Tegangan Generator Fungsi	V_{input} (3-0)	I_{input} (3)	Keterangan
1 Vpp			
2 Vpp			

Lembar Latihan

1. Hitunglah penguatan tegangan dan beda fase untuk setiap perubahan tegangan generator fungsi ?
2. Hitunglah penguatan daya rangkaian tersebut ?

2. Praktikum komponen SCR

1. Rakitlah rangkaian percobaan seperti pada Gambar 8-2 !
2. Tetapkanlah potensiometer ke posisi searah jarum jam secara penuh (maksimum)!
3. Setelah rangkaian diperiksa secara cermat dan tidak ada kesalahan pada rangkaian, hubungkanlah rangkaian dengan catu daya 24 V dc !
4. Aturlah potensiometer secara perlahan sambil mengamati tampilan pada CRO !
5. Selesai percobaan, kembalikan alat dan bahan pada tempatnya semula!



Gambar 8-2. Rangkaian Percobaan Thyristor

Tabel 8-2. Pengukuran SCR

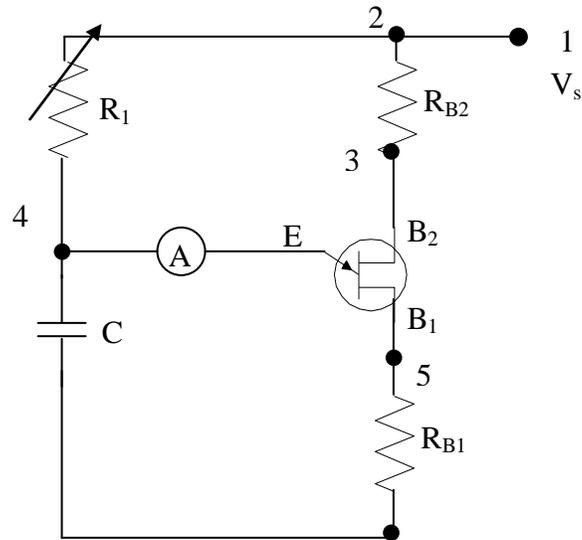
No	Pengukuran potensiometer	I_g	V_g
1.	$\frac{3}{4}$ bagian		
2.	$\frac{1}{2}$ bagian		
3.	$\frac{1}{4}$ bagian		

Lembar Latihan

1. Gambarkan kurva karakteristik antara tegangan dan arus dari hasil percobaan anda?
2. Jelaskan prinsip kerja dari percobaan tentang karakteristik Thyristor yang telah anda lakukan?
3. Gambarkanlah hasil pengamatan anda pada CRO secara cermat pada berbagai variasi nilai pada potensiometer tersebut!

3. Praktikum komponen UJT

1. Rakitlah rangkaian percobaan seperti pada Gambar 8-3 berikut ini!



Gambar 8-3. Percobaan UJT

2. Tetapkan potensiometer R ke posisi searah jarum jam secara penuh (maksimum)!
3. Setelah rangkaian diperiksa secara cermat dan tidak ada kesalahan pada rangkaian, hubungkanlah dengan sumber tegangan 24V ac!
4. Aturilah potensiometer secara perlahan, sehingga tegangan V_E naik!, pada saat tertentu tegangan V_E tiba-tiba turun! Hal ini menunjukkan bahwa UJT telah terpicu atau dalam kondisi On. Lakukanlah pengamatan pada simpul-simpul pengukuran!
5. Catatlah hasil pengukuran tersebut ke dalam Tabel 6!
6. Ulangi lagi langkah (4) dari percobaan ini dan lakukan pengamatan dengan menggunakan CRO!

Tabel 8-3. Hasil Percobaan UJT

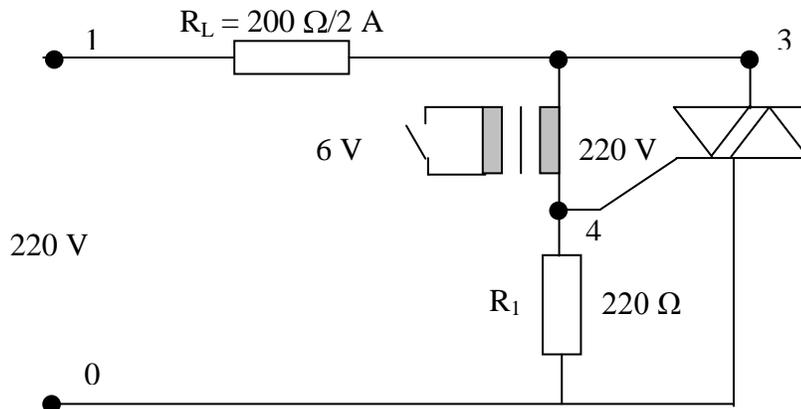
<i>Kondisi UJT</i>	V_E (4-0)	I_E (4)	V_{B2} (5-0)
Sebelum terpicu (<i>Off</i>)			
Sesudah terpicu (<i>On</i>)			

Lembar Latihan

1. Gambarkan kurva karakteristik antara tegangan dan arus pada percobaan UJT?
2. Berapa nilai tegangan V_E dan nilai arus I_E pada saat UJT dalam keadaan *On*?
3. Berapa nilai tegangan V_E dan nilai arus I_E pada saat UJT dalam keadaan *Off*?
4. Gambarkan hasil pengamatan pada CRO untuk tegangan V_E dan V_{B2} !

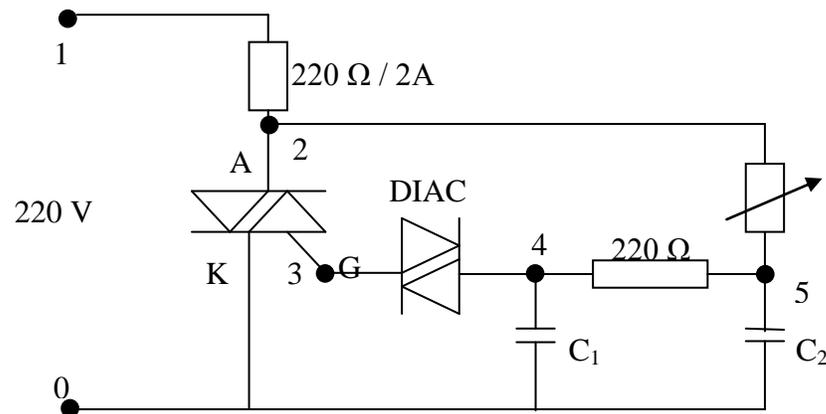
4. Praktikum komponen DIAC dan TRIAC

1. Rakitlah rangkaian percobaan seperti pada Gambar 8-4 berikut ini.



Gambar 8-4. Rangkaian Percobaan Triac

2. Setelah rangkaian diperiksa secara cermat dan tidak ada kesalahan pada rangkaian, hubungkanlah rangkaian dengan sumber tegangan 220 V ac dengan menutup saklar !
3. Lakukanlah pengukuran arus anoda, arus *gate* dan tegangan antara anoda dan katoda pada simpul pengukuran !
4. Lakukanlah juga pengamatan dengan menggunakan CRO !
5. Selesai percobaan pertama, lakukanlah percobaan berikutnya dengan merakit rangkaian percobaan seperti pada Gambar 8-5!



Gambar 8-5. Rangkaian Percobaan Diac dan Triac

6. Tetapkanlah tombol potensiometer P ke posisi searah jarum jam secara penuh (maksimum) !
7. Setelah rangkaian diperiksa secara cermat dan tidak ada kesalahan pada rangkaian, hubungkanlah rangkaian dengan catu daya 220 V ac!
8. Aturilah potensiometer sehingga terjadi penyulutan pada Diac. Kemudian Diac akan menyulut Triac!
9. Lakukanlah pengukuran arus anoda, arus *gate* dan tegangan antara anoda dan katoda pada simpul pengukuran!
10. Lakukanlah juga pengamatan dengan menggunakan CRO!
11. Selesai percobaan, kembalikan alat & bahan pada tempatnya semula!

Tabel 8-4. Pengukuran Triac

Kondisi Saklar	V_{a-k} (3-0)	I_a (3)	I_g (4)
Saklar ON			
Saklar OFF			

Tabel 5. Pengukuran Diac dan Triac

Kondisi Potensiometer	V_{a-k} (Triac) (2-0)	V_{a-k} (Diac) (3-4)	I_a (2)	I_g (3)
$\frac{3}{4}$ bagian				
$\frac{1}{2}$ bagian				
$\frac{1}{4}$ bagian				

Lembar Latihan:

1. Gambarkan kurva karakteristik antara tegangan dan arus dari hasil percobaan Triac dan Diac ?
2. Gambarkan hasil pengamatan pada CRO untuk variasi nilai arus *gate*?

Modul 9 Motor Stepper

Hasil Pembelajaran :

Mahasiswa dapat memahami dan menjelaskan karakteristik dari Motor Stepper

Tujuan

Bagian ini memberikan informasi mengenai karakteristik dan penerapan Motor Stepper.

9.1 Pendahuluan

Aktuator adalah bagian yang berfungsi sebagai penggerak dari perintah yang diberikan oleh input. Salah satu jenis dari aktuator listrik adalah Motor Stepper. Dimana motor stepper dapat meningkatkan kecenderungan terhadap kendali digital dari mesin-mesin dan berfungsi menghasilkan suatu permintaan untuk peranti-peranti mekanis, serta mampu mengirimkan gerakan-gerakan yang inkremental dengan ketelitian yang dapat diprediksi.

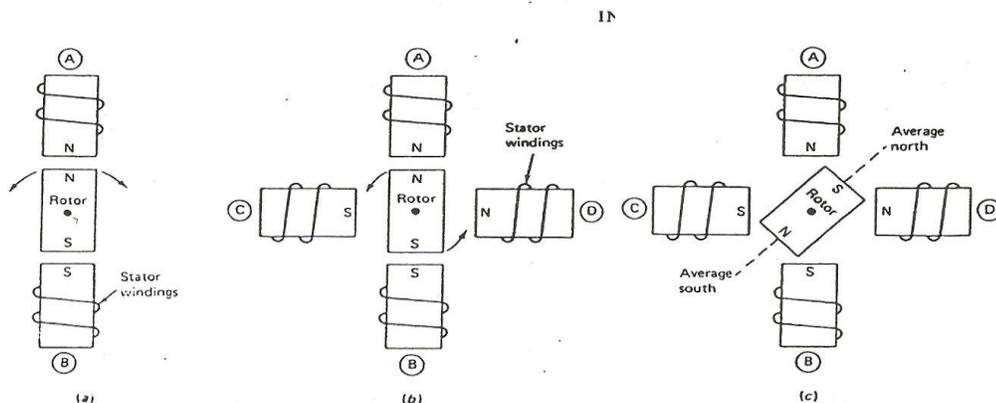
Motor Stepper adalah salah satu alat mesin listrik yang mengubah sinyal-sinyal listrik ke dalam gerakan-gerakan mekanis diskrit. Batang atau spindel dari suatu motor stepper berputar disebabkan kenaikan-kenaikan langkah diskrit ketika sinyal listrik berada di dalam urutan yang tepat. Urutan sinyal pulsa yang diterapkan secara langsung dihubungkan dengan arah rotasi spindle motor. Kecepatan dari rotasi spindle motor dihubungkan dengan frekuensi dari sinyal masukan dan panjang rotasi secara langsung berhubungan dengan nomor sinyal masukan.

9.2 Motor Stepper

Torsi motor stepper tidak sebesar motor DC, namun motor ini mempunyai tingkat presisi yang sangat tinggi dalam gerakannya. Kecepatan gerak motor ini dinyatakan dalam step per second atau jumlah step gerakan dalam setiap detiknya.

Motor Stepper adalah suatu mesin listrik yang mengubah sinyal listrik kedalam gerakan mekanik diskrit. Motor Stepper motor dibagi menjadi tiga jenis. Masing-masing pada konstruksi nyata yaitu karakteristik unjuk kerja: variable-reluctance (VR), permanent magnet (PM), and PM-hybrid.

Cara kerja stepper motor didasari dengan prinsip magnet dasar: seperti kutub magnet. Jika lilitan stator pada gambar 9-1 (a) diberi energi maka lilitan stator A adalah kutub selatan, stator B adalah kutub utara, dan rotor permanent magnet (PM) diposisikan seperti pada gambar, maka torsi motor akan bertambah seiring pergerakan rotor ke 180° . Maka hal tersebut akan menjadi tidak mungkin untuk menentukan arah dari putaran dan dalam rotor tidak akan bergerak seperti yang telah dikatakan tadi jika gayanya stabil. Jika yang terjadi seperti dalam gambar 9-1 (b), dua kutub stator tambahan C dan D dipasang dan diberi energi seperti terlihat dalam gambar, kita bisa memprediksi arah dari putaran rotor. Seperti dalam gambar 9-1(b) arah putaran rotor akan konstan searah jarum jam dengan rotor sejajar dengannya antara "rata-rata" pole selatan dan "rata-rata" pole utara. Seperti diperlihatkan dalam gambar 8-1(c).

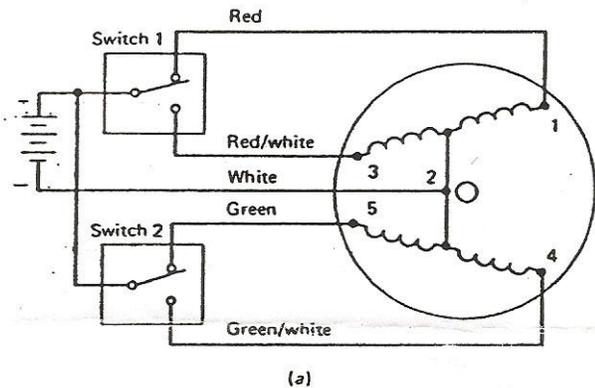


Gambar 9-1. cara kerja motor stepper yang didasari dari prinsip magnet dasar

Yang membedakan keistimewaan dari PM mesin penggerak adalah dari penggabungan sebuah magnet permanen, biasanya didalam kumparan rotor, untuk keluaran yang lebih baik, lebih dari empat kutub stator yang ditambah, lalu gigi mesin diatas setiap kutub rotor, dan juga diatas rotor. Nomor-nomor gigi diatas rotor dan stator menunjukkan segi langkah yang akan didapatkan dalam setiap satuan waktu.

Polaritas dari perubahan arah angin, memberikan reaksi langkah bagian batang mesin sehingga terjadi pertambahan waktu untuk perubahan muatan kutub. Cara untuk mengubah kutub menjadi seimbang, kurang lebih didapat dari perputaran batang atau tambahan untuk mengetahui segi langkahnya.

Langkah PM mengoprasikan jenis-jenis mesin oleh pengaruh timbal balik diantara magnet penggerak yang terus menerus berubah, ring dan kekuatan magnet oleh stator angin membangkitkan tenaga listrik. Jika susunan dari energi angin sesuai, maka sebuah rangkaian akan stabil dari keseimbangan arah angin, sehingga akan menghasilkan tenaga listrik disekitar mesin. Jika arah putaran membangkitkan rangkaian rotor maka akan mengikuti perubahan titik dari kesetimbangan dan perputaran dapat memberi reaksi untuk mengubah susunan, sebagai petunjuk digambar 9-2.



Gambar 9-2 Rangkaian Permanent Magnet
(A) diagram menurut bagan

Step	Switch #1	Switch #2
1	1	5
2	1	4
3	3	4
4	3	5
1	1	5

*To reverse direction, read chart up from bottom.

(B) menswitch^(b) urutan

Phase	FWD →				
	1 Step	2 Step	3 Step	4 Step	5 Step
1	ON	ON	OFF	OFF	ON
3	OFF	OFF	ON	ON	OFF
5	ON	OFF	OFF	ON	ON
4	OFF	ON	ON	OFF	OFF

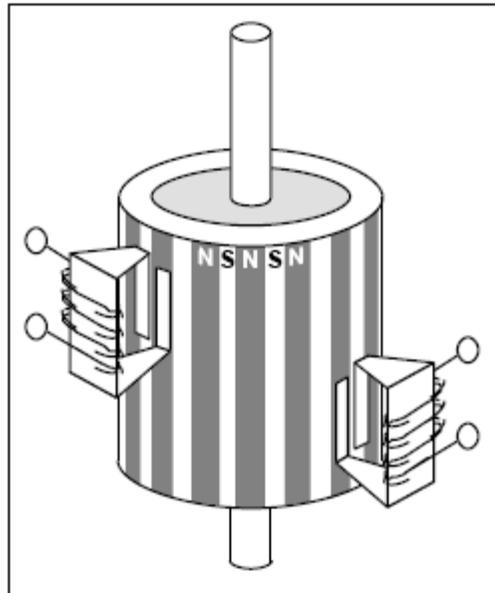
← REV

(c)

(C) bentuk gelombang

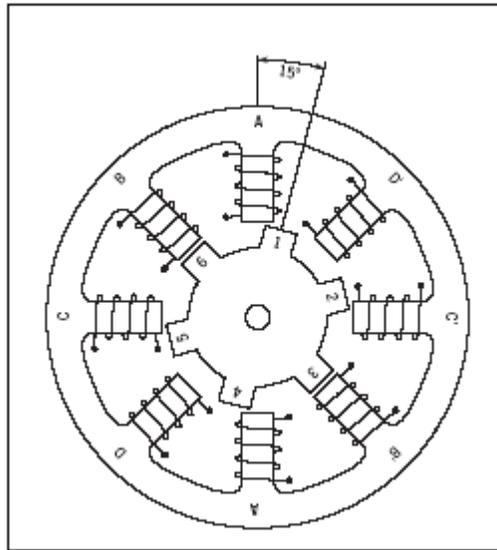
Berdasarkan magnet tetap pada motor, terdapat suatu tenaga putaran yang digerakkan kedalam gulungan motor walaupun gulungan pada stator tidak akan menghasilkan rugi-rugi. Energi putaran dapat diperoleh dengan cara memutar suatu PM stepper dengan tangan. Tenaga putaran dapat dihasilkan pada motor jika motor dipindahkan dari posisi yang mempunyai nilai hambatan minimum (dimasukkan kedalam suatu

persamaan rangkaian DC) yang menyebabkan magnet tetap mengalami perubahan secara terus-menerus. Tenaga putaran ini lebih banyak dibandingkan tenaga putaran tenaga normal dan hanya sebagian kecil persen saja dari tenaga putaran yang maksimum.



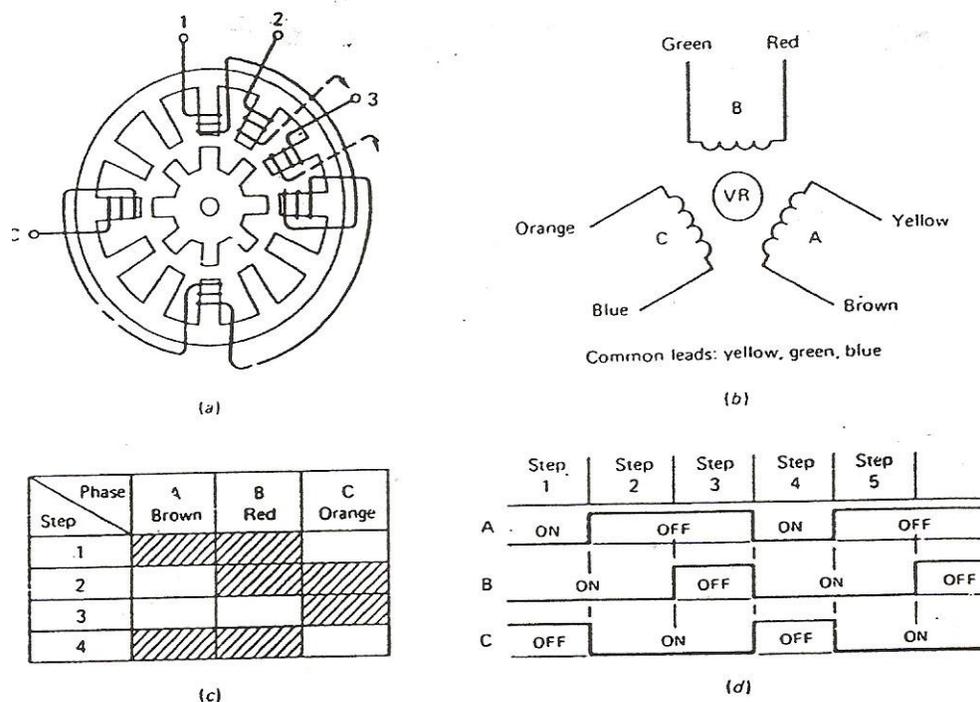
Gambar 9-3. Prinsip dasar dari PM motor

Variabel reluktansi motor adalah sebuah stator, yang merupakan bagian dari wound poles (katup). Rotor berbentuk silinder. Untuk bagian dari gigi memiliki hubungan dengan katup stator dan dengan gigi itu sendiri (stator tidak boleh memiliki gigi). Nomor dari gigi akan menentukan perbedaan sudut yang dibutuhkan (ditunjukkan oleh gambar 9-4). Tipe sebuah motor VR ditunjukkan pada gambar 9-5 dimana aliran arus sudah layak mengalir lilitan kumparan motor. Tenaga putar (sumber Listrik) akan menghasilkan langkah yang berupa pemutar rotor pada posisi tidak terhubung garis edar minimum magnet.



Gambar 9-4. Penampang atas dari Variabel Reluktansi motor

Pada posisi ini listrik statis akan menjadi stabil pada tenaga putar tanpa tekanan yang diperlukan untuk memindahkan rotor dari posisi stabil. partikular ini tidak akan berada pada satu posisi absolut. Pada rata-rata motor banyak posisi stabil memberi energi untuk stator. yang mana sebuah perbedaan energi akan mengatur lilitan untuk tidak terhubung pada sumber stator akan mengubah medan magnet karena rotor pada posisi yang baru.

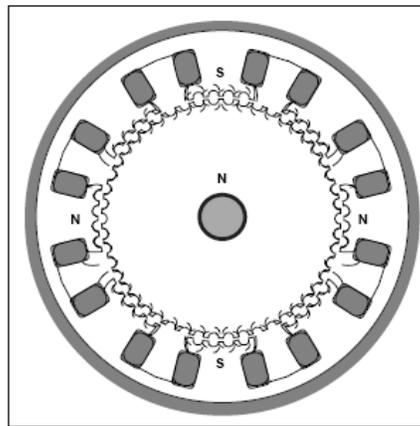


Gambar 9-5 . Langkah VR motor (potongan melintang stator memperlihatkan lilitan berfasa tunggal yang lengkap)

- A) tiga fasa melilit
- B) tiga fasa pemasangan kawat koreksi
- C) tiga fasa tabel eksitasi rangkap
- D) pijakan bentuk gelombang

Pemilihan urutan energizing yang tepat dari melilit membuat posisi-posisi yang stabil dan berputar dengan lembut di stator poles, menentukan kecepatan putaran dan pengaturan pada rotor. Ketika pola yang diberi tenaga, posisi rotor perlahan mengubah pola energisasi kumparan. Gambar 9-5 (c), ilustrasi modus-modus pembangkitan yang menghasikan suatu patokan sudut langkah yang nominal. Pembangkitan yang rangkap (selalu dua kumparan didalamnya) sering digunakan adalah karena memiliki tenaga putaran lebih tinggi. Tidak seperti stepper PM, stepper VR memiliki sisa kemagnetan. Maka rotor (detent torque) akan menjadi tidak kuat ketika stator tidak diberi tenaga. Sudut langkah ditentukan oleh nomor dari stator dan gigi rotor (bervariasi dari 7.5 sampai 30).

Motor stepper Hybrid lebih mahal dibandingkan PM – motor stepper, namun dengan penampilan yang lebih baik termasuk pengaruh resolusi langkah, torsi dan kecepatan. Ciri khas dari sudut langkahnya berkisar dari 36° hingga 0.9° (dengan 100 – 400 langkah per putaran). Motor stepper Hybrid merupakan perpaduan bagian terbaik dari kedua motor stepper, PM dan VR. Rotornya bergigi banyak seperti VR dan pada bagian axis berisi magnet konsentrik disekitar batangnya. Gigi di rotor memberikan lintasan yang lebih baik untuk membiarkan fluks magnet memilih tempat yang disukai di dalam airgap. Hal ini berlanjut pada ketahanan dan karakteristik torsi dinamis ketika kita membandingkannya dengan kedua jenis motor yang lain.



Gambar 9-6. Penampang melintang Stepper Hybrid

Tipe motor stepper yang paling sering digunakan adalah PM dan Hybrid. Jika pembuat tidak yakin dengan tipe yang akan dipilih sebaiknya disesuaikan dengan aplikasinya.

Motor-motor Stepper masuk ke berbagai macam ukuran , tipe-tipe dan gaya-gaya. Prinsip yang dasar untuk semua adalah sama, dan mereka jatuh masuk ke salah satu dari tiga jenis yang dibahas. Mereka mungkin sedikitnya mempunyai 2 lilitan, atau banyaknya sepuluh lilitan fasa (ini menempuh 2500 langkah untuk satu revolusi).

9.3 Latihan Soal

1. Jelaskan jenis-jenis dari motor Stepper !
2. Jelaskan prinsip kerja dari motor Stepper !
3. Buatlah sebuah contoh penerapan motor Stepper pada aplikasi di industri, jelaskan dengan cara kerjanya !

Modul – 10

Sensor / Transducer

Hasil Pembelajaran :

Mahasiswa dapat memahami dan menjelaskan karakteristik dari sensor atau transducer

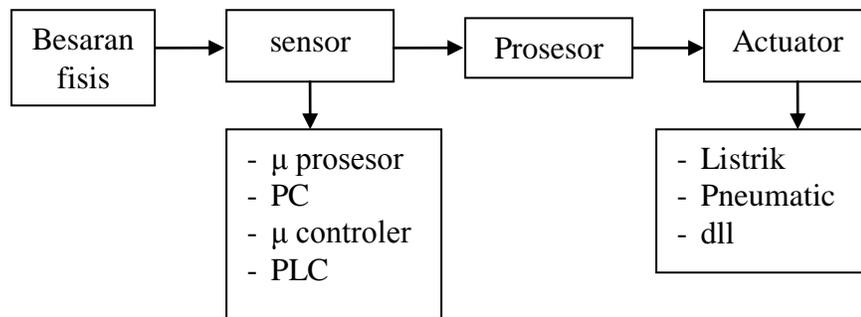
Tujuan

Bagian ini memberikan informasi mengenai karakteristik dan penerapan sensor atau transducer.

10.1 Pendahuluan

Sensor adalah suatu alat yang dapat mengubah satu besaran fisis menjadi besaran fisis yang lain.

Gambar berikut adalah contoh skema kontrol secara umum :



Gambar 10-1. Contoh skema kontrol

10.2 Sensor / Transducer

Sensor terdiri dari dua jenis, yaitu :

- a. Contact type
- b. Non contact type (Proximity sensor)

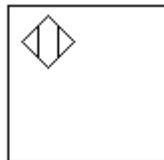
Contoh :



Gambar 10-2. Simbol

(a) NO (b) NC (c) Change Over

Sedangkan simbol umum dari sensor adalah sebagai berikut :



Gambar 10-3. Simbol umum Sensors

Sensor digunakan untuk keperluan :

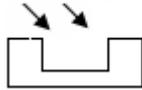
1. Pengukuran besaran fisis secara elektronik (pengukuran temperatur ; tekanan ; kelembaban ; level ; kecepatan dll)
2. Sensor dapat juga diintegrasikan dengan otomasi modern untuk kepentingan ini biasanya sensor digunakan untuk melihat atau membaca status atau keadaan mesin atau proses dan output sensor ini akan menjadi masukan untuk prosesor.

Untuk kepentingan pengendalian sensor yang sering digunakan antara lain :

- Mechanical limit switches
- Magnetic sensors

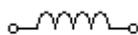
Biasanya digunakan untuk minimal dan maximal silinder.

Simbolnya :



- Inductive sensors
- Digunakan untuk semua logam.

Simbolnya :



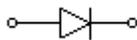
- Capacitive sensors
- Digunakan untuk semua jenis logam

Simbolnya :



- Optical sensors
- Digunakan untuk sensor warna gelap atau terang

Simbolnya :



- Pneumatic sensors

Keluaran dari sensors terbagi dalam tiga tipe yaitu, sebagai berikut :

- Binary Output
Sensors ini mengkonversi besaran fisis menjadi signal biner yakni dua keadaan **High** atau **Low** atau analog dengan saklar dalam keadaan *on* atau *off*.
- Analogue Output
Sensors jenis ini mengkonversi besaran fisis menjadi besaran sinyal kontinu, signal keluaran dapat berupa parameter listrik (Resistansi, Kapasitansi, Induktansi) atau dalam bentuk arus listrik atau tegangan listrik.
- Serial Output
Sensors jenis ini mengubah besaran fisis menjadi keluaran (output) seri atau komunikasi standard (contoh RS 232C, RS 422A, RS 485, profibus, fiebus, ASI).

Biasanya sensors dengan output binary dapat langsung disambungkan ke PLC (*need voltage compatibility*). Dalam banyak kasus sensors dengan output analogue dapat langsung disambungkan dengan PLC (*need voltage or current compatibility*).

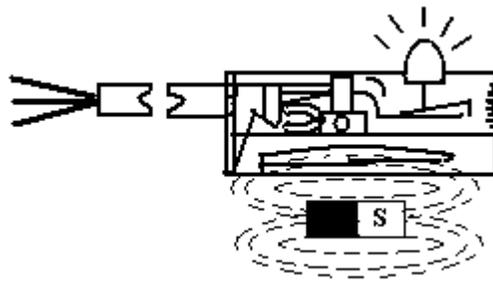
Terkadang keluaran sensor memerlukan pengkondisi sinyal untuk dapat diproses oleh PLC.

Untuk mengubah besaran fisis sebuah sensor dapat mendeteksi melalui :

- a. Kontak langsung (contoh limit switch)
- b. Non contact / contactless sensing (proximity sensor)

Berikut contoh bentuk sensor :

- Reed proximity sensors

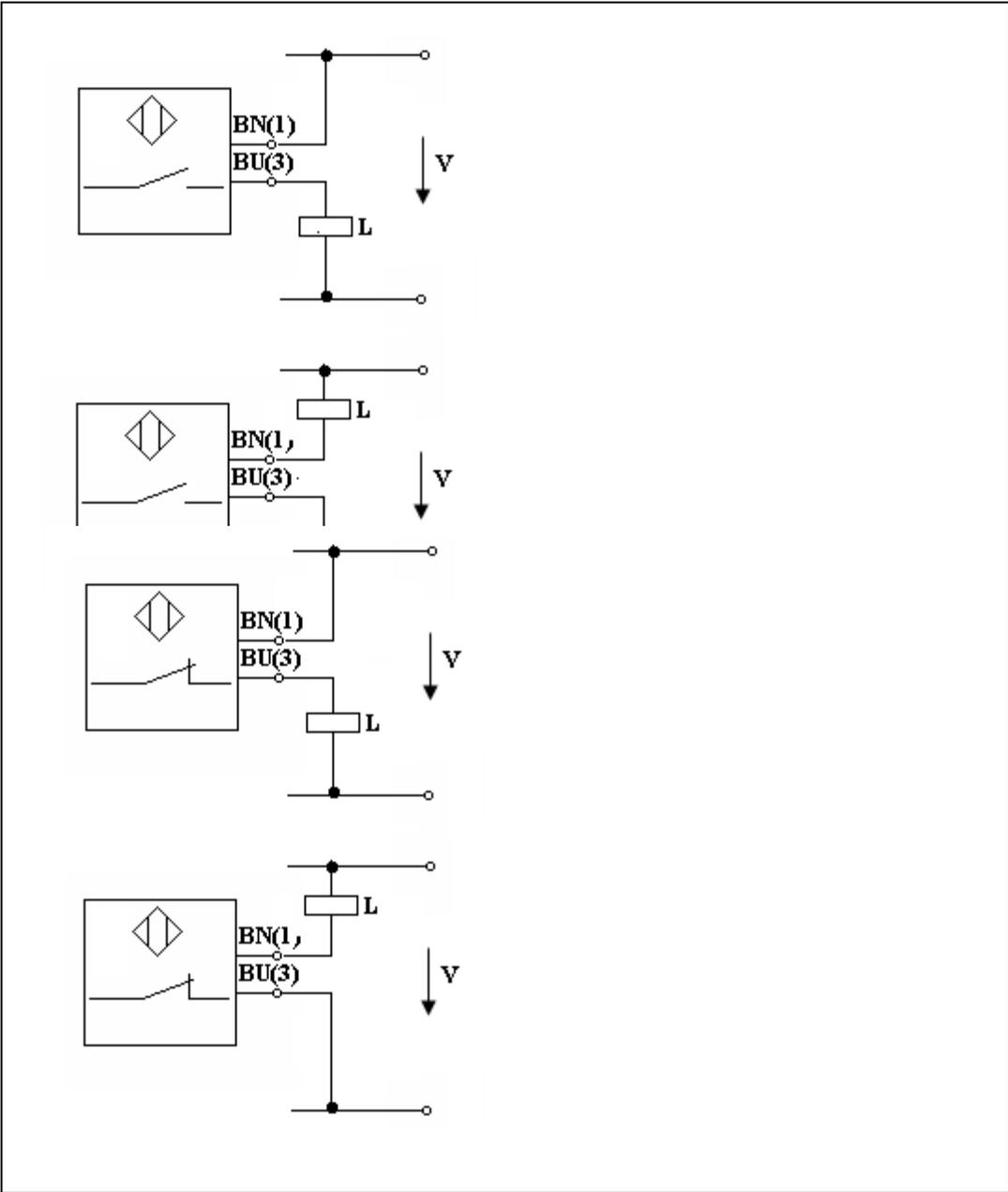


Gambar 10-4. contoh bentuk sensor.

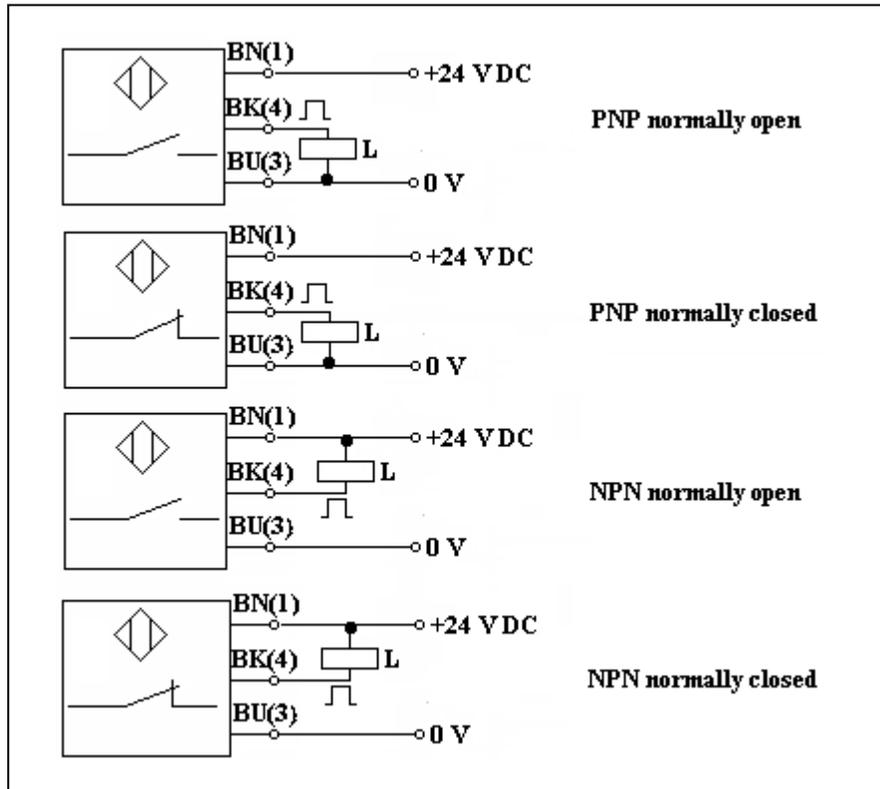
Tabel 10-1 . Simbol Terminal

Fungsi	Warna	Simbol
Positive supply voltage (+)	brown	BN
Negative supply voltage (-)	blue	BL
Switch Output	black	BK
Antivalent switch Output	white	WH

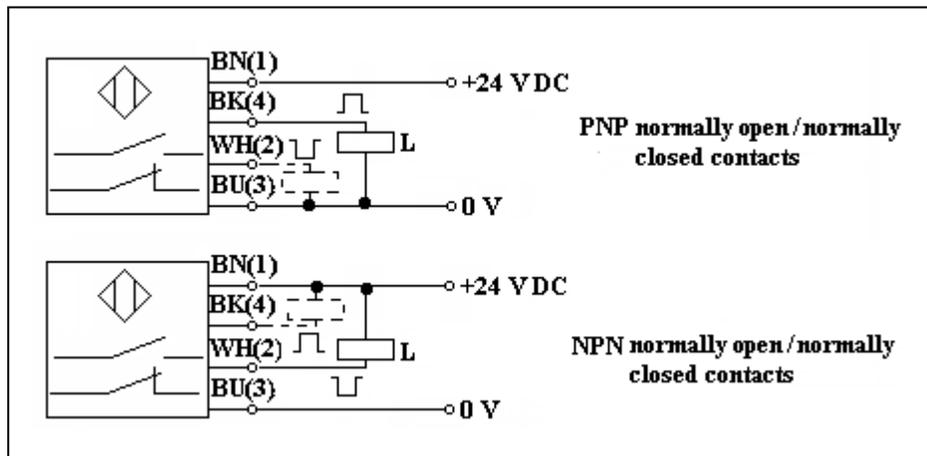
Proximity sensor dapat dibuat dengan *Normally Closed (NC)* atau *Normally Open (NO)*, seperti gambar berikut :



Gambar 10-5. Diagram hubungan untuk dua penghantar



Gambar 10-6. Diagram hubungan untuk tiga penghantar, L = Beban

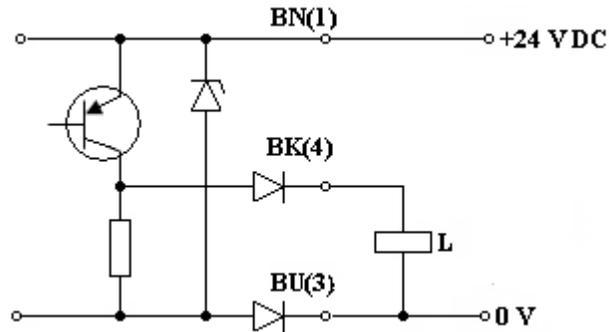


Gambar 10-7. Diagram hubungan untuk empat tiga penghantar (DC), L = Beban

Keluaran saklar positif dan negatif

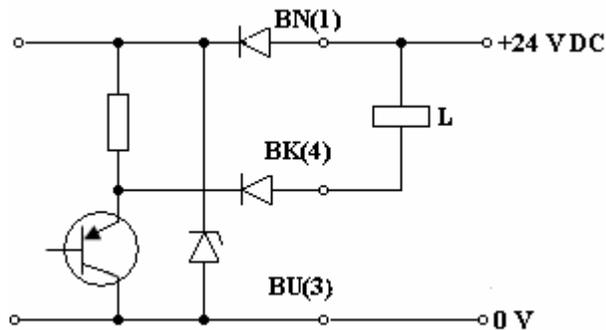
Keluaran saklar dapat ditentukan dengan dua cara, yaitu :

1. PNP Output



Gambar 10-8. PNP Output

2. NPN Output



Gambar 10-9. NPN Output

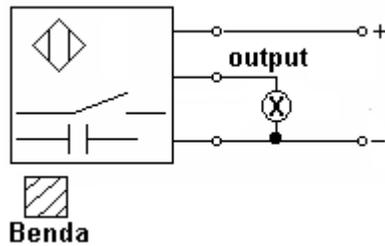
Contoh Penggunaan Sensor :

- 1) Buat rangkaian pendeteksi benda jika ada benda maka lampu akan menyala.
 - a. menggunakan sensor jenis PNP
 - b. menggunakan sensor jenis NPN
- 2) Buat rangkaian untuk mendeteksi logam jika ada logam maka lampu merah menyala lampu hijau mati jika tidak ada logam sebaliknya.
 - a. menggunakan sensor jenis PNP
 - b. menggunakan sensor jenis NPN

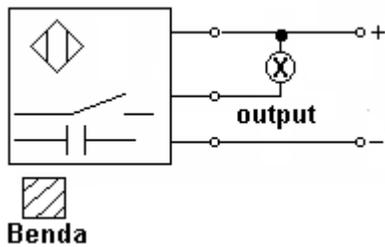
Penyelesaian :

1. Untuk mendeteksi benda (baik logam atau non logam) dapat digunakan sensor jenis kapasitif dengan rangkaian sebagai berikut :

a) Jenis PNP



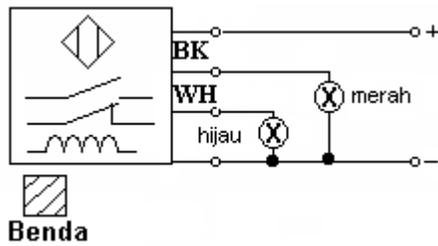
b) Jenis NPN



Cara kerja : jika sensor mendeteksi benda maka saklar akan berpindah dari open menjadi close sehingga lampu menyala.

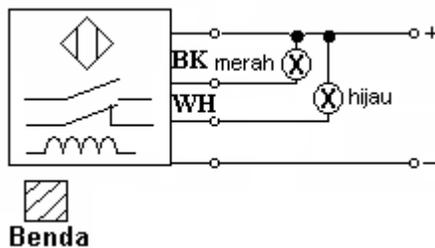
2. Untuk mendeteksi benda logam maka digunakan jenis sensor induktif

a) Jenis PNP



Cara kerja : jika sensor mendeteksi benda maka saklar NO menjadi ON dan lampu merah menyala, sedangkan saklar NC menjadi OFF sehingga lampu hijau mati.

b) Jenis NPN



10.3 Latihan Soal

1. Jelaskan fungsi dari sensor !
2. Berikan penjelasan dan analisa dari diagram hubungan untuk empat penghantar !
3. Berikan contoh penggunaan sensor dalam kehidupan sehari-hari beserta cara kerjanya!

Modul – 11 Pneumatik (1)

Hasil Pembelajaran :

Mahasiswa dapat memahami dan menjelaskan karakteristik dari komponen Pneumatik

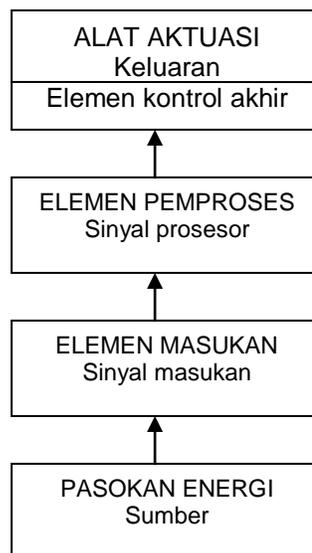
Tujuan

Bagian ini memberikan informasi mengenai karakteristik dan penerapan komponen Pneumatik

11.1 Pendahuluan

Sistem pneumatik terdiri dari beberapa tingkatan yang mencerminkan perangkat keras dan aliran sinyal.

Berbagai tingkatan yang membentuk lintasan kontrol untuk aliran sinyal mulai dari sinyal masukan menuju sinyal keluaran, seperti ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 11-1. Aliran sinyal kontrol

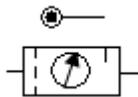
11.2 Pneumatik (1)

Tingkatan utama dari sistem pneumatik adalah :

c. Catu daya (energi supply)

Pasokan energi biasanya didapat dari Kompresor, Tangki, Pengatur tekanan dan peralatan Pelayanan Udara.

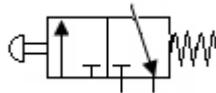
Simbol :



d. Elemen masukan (sensor)

Elemen yang termasuk kedalam sensor yaitu Katup Kontrol Arah, Katup Batas, Tombol, dan Sensor Proksimitas.

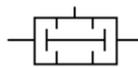
Simbol :



e. Elemen pengolah (prosesor)

Elemen yang termasuk kedalam prosesor yaitu Katup Kontrol Arah, Elemen Logika, Katup dan Kontrol Tekanan

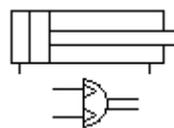
Simbol :



f. Elemen kerja (aktuator)

Elemen yang termasuk kedalam aktuator yaitu Silinder Pneumatik, Aktuator Rotari, Indikator. Elemen kontrolnya adalah Katup Kontrol Arah.

Simbol :



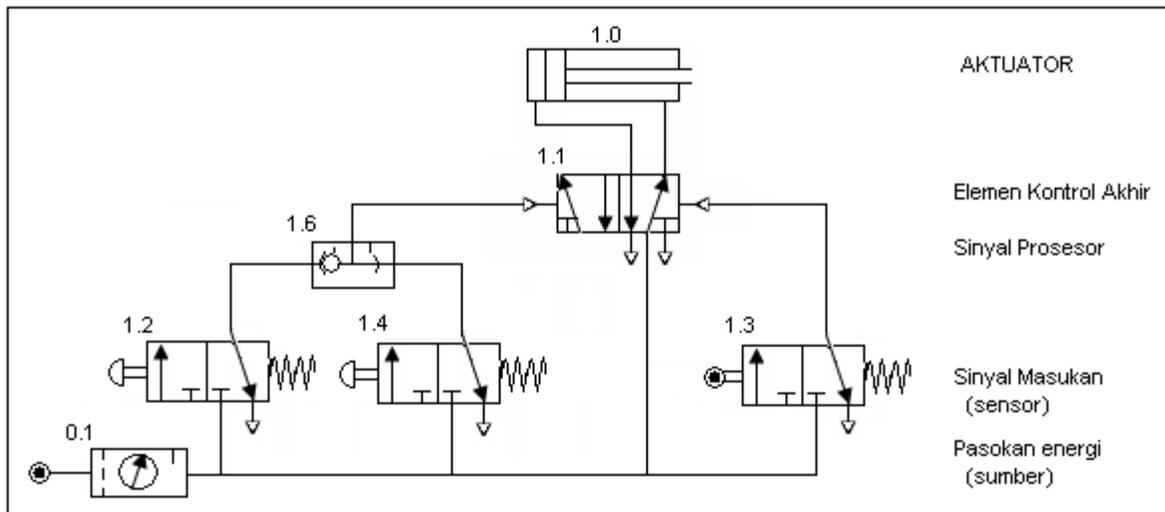
Aktuator



Elemen Kontrol

Elemen-elemen dalam sistem pneumatik diwakili oleh simbol-simbol yang menunjukkan fungsi dari elemen tersebut. Pada tingkatan aktuator ditambahkan kontrol elemen untuk melengkapi struktur. Kontrol elemen mengontrol aksi dari aktuator setelah menerima sinyal yang dikirim oleh elemen pengolah.

Katup kontrol arah dapat sebagai sensor, pengolah atau pengontrol aktuator. Perbedaan fungsi biasanya berdasarkan cara pengoperasiannya dan bergantung pada letak katup kontrol arah di dalam gambar rangkaian berikut :



Gambar 11-2. Diagram rangkaian dari elemen-elemen pneumatik

Udara yang dihirup manusia setiap saat ini sebenarnya masih dalam keadaan tercemar oleh kotoran-kotoran dan partikel-partikel air. Prakteknya, masih banyak ditemukan bahwa lingkungan udara yang kotor berdekatan dengan jaringan kompresor. Hal ini akan sangat mengganggu bahkan akan dapat merusak jaringan itu sendiri. Udara bertekanan (angin) yang diperlukan sebagai tenaga penggerak peralatan pneumatik senantiasa harus bersih sehingga ikut menjaga dari kerusakan komponen-komponen. Pengotoran atau pencemaran udara dalam bentuk butiran-butiran kecil dari kotoran atau karat besi, karena minyak pelumas yang berlebihan, dan kelembaban udara sering menimbulkan gangguan-gangguan pada peralatan pneumatik dan merusak bagian-bagiannya. Untuk hal tersebut aspek dibawah ini harus diperhatikan guna untuk mendapatkan udara yang berkualitas :

- Kuantitas udara yang diinginkan harus memenuhi kebutuhan sistem
- Jenis kompresor yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan sistem
- Tangki penyimpanan udara yang memadai
- Persyaratan udara yang bersih
- Tingkat kelembapan udara yang dapat mengurangi korosi dan lembab
- Persyaratan pelumasan jika diperlukan
- Temperatur udara dan pengaruh lain yang rendah pada sistem
- Persyaratan tekanan kerja
- Ukuran katup dan saluran harus memenuhi kebutuhan sistem
- Pemilihan bahan dan kebutuhan sistem harus sesuai dengan lingkungan
- Tersedianya titik-titik drainase dan saluran buangan pada sistem distribusi.

Desain dari komponen pneumatik direncanakan untuk maksimum operasi pada tekanan 8 s/d 10 bar (800 s/d 1000 kPa), tetapi dalam prakteknya dianjurkan beroperasi pada tekanan 5 s/d 6 bar (500 s/d 600 kPa) untuk penggunaan yang ekonomis.

Guna mendapatkan efisiensi mekanik yang maksimum biasanya diperlukan tahapan-tahapan untuk memperoleh angin yang bersih. Tahapan itu meliputi: pemisahan partikel-partikel debu (lewat penyaringan), pengukuran tekanan (lewat manometer), kemudian pemberian sedikit pelumasan. Pelumasan pada peralatan pneumatik terutama pada *actuator* (piston atau toraknya) adalah penting. Hal ini karena hasil kerja dari peralatan pneumatik sebagian besar akibat dari gerakan torak.

Perhatian khusus dari pencemaran angin harus diberikan terutama kepada udara yang lembab (*humidity*), sementara orang sering mengistilahkan *udara basah*. Dalam suasana basah atau keringnya udara dikenal beberapa istilah, antara lain:

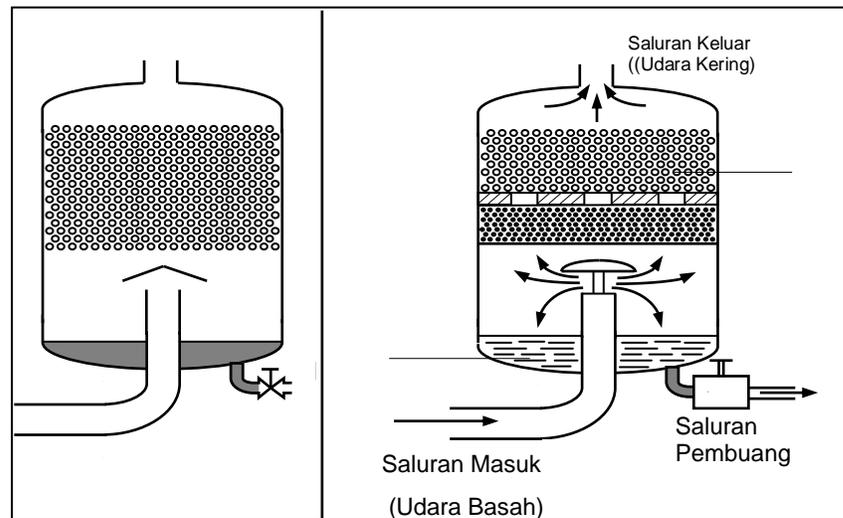
1. Kelembaban mutlak, yaitu jumlah air yang terkandung dalam 1m^3 udara bebas.
2. Udara kenyang dengan istilah jumlah pengenyangan atau jumlah penjenuhan (atau jumlah angka kenyang), yaitu jumlah air yang dapat diserap setiap 1m^3 udara bebas pada suhu tertentu.
3. Harga kelembaban udara (biasanya disebut kelembaban relatif dari udara) pada suhu titik embun maksimum. Kelembaban relatif maksimum adalah 100%.

Pengeringan Udara Bertekanan

Ada beberapa sistem pengeringan angin yang lazim digunakan untuk kebutuhan peralatan pneumatik. Sistem tersebut antara lain: 1) dengan cara penyerapan, 2) dengan cara endapan, dan 3) dengan cara suhu rendah.

1. Pengeringan dengan cara penyerapan

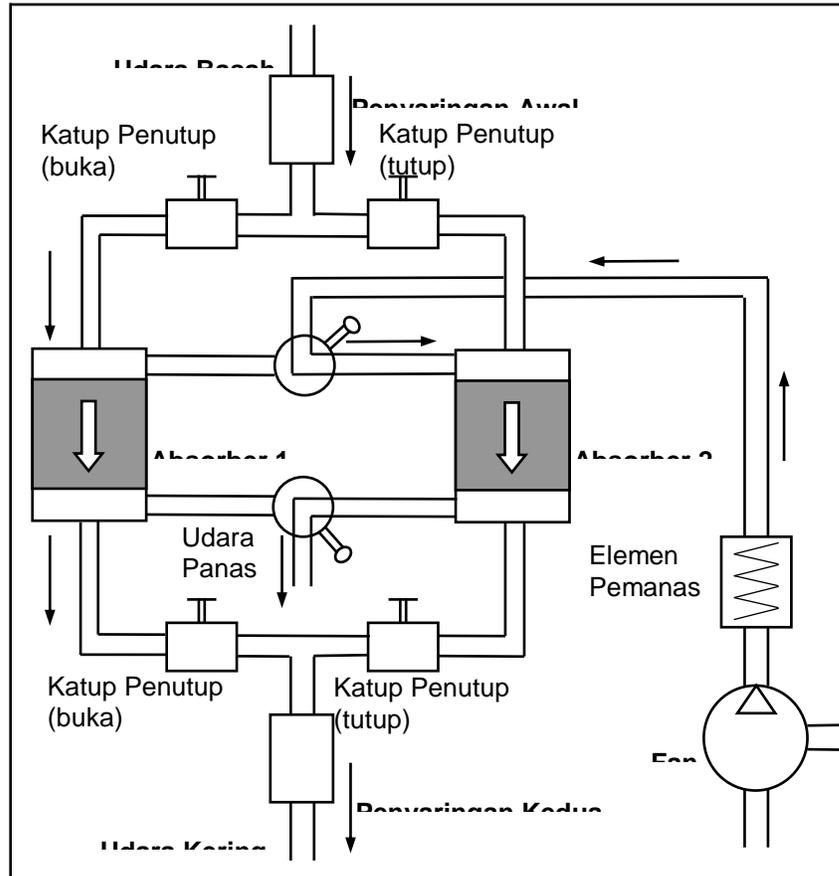
Sistem pengeringan ini semata-mata memakai proses kimia. Proses penyerapan dimaksudkan untuk menghisap zat-zat yang berbentuk gas dalam zat padat atau cair. Penyaringan awal akan memisahkan udara bertekanan dari tetesan-tetesan air dan minyak yang lebih besar. Pada perlengkapan pemasukan, angin dibuat berputar (bersirkulasi) dalam ruang pengering (Gambar 11-3).



Gambar 11-3. Pengeringan dengan cara endapan

2. Pengeringan dengan cara endapan

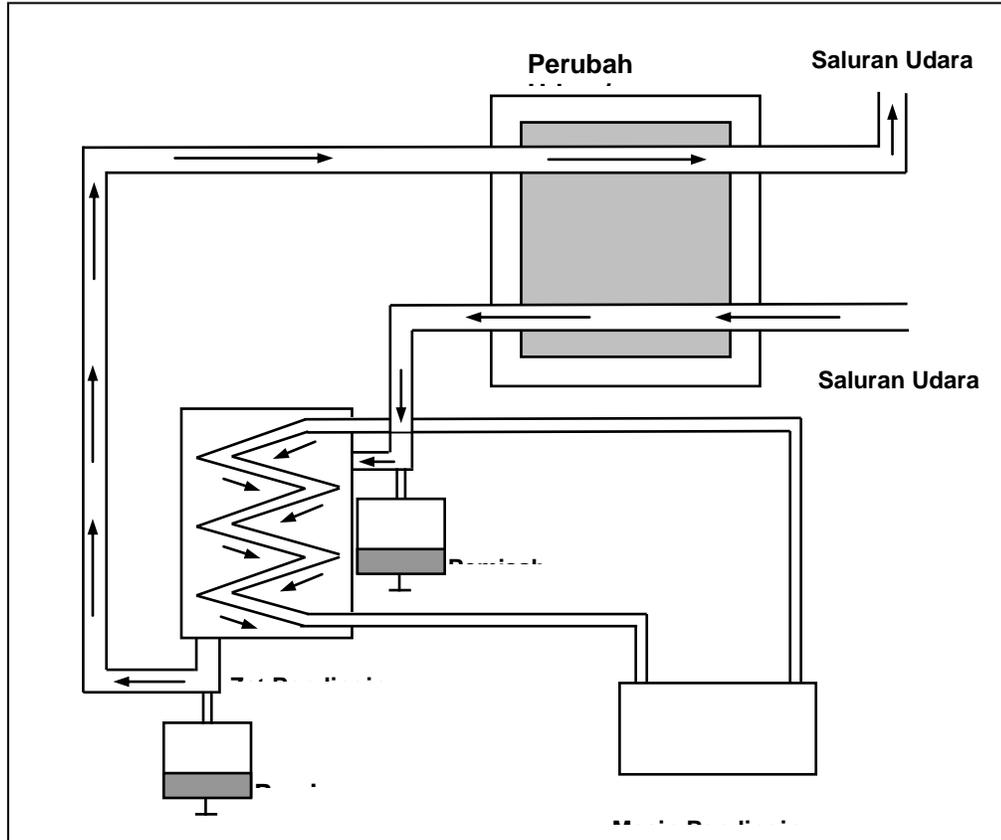
Sistem pengeringan dengan cara endapan didasarkan atas proses kimia. Pengendapan yang dimaksud adalah pengendapan zat-zat pada permukaan benda padat. Proses ini juga dikenal sebagai pengeringan perbaikan atau pembaharuan (lihat Gambar 11-4). Medium pengeringnya berupa bahan yang berisi butir-butir kecil tepinya berbentuk runcing atau tajam, dapat juga berbentuk seperti butiran-butiran keringat. Medium pengering hampir sepenuhnya terdiri dari *silikon dioksid*. Ada sementara orang mengistilahkan *Silica gel*. Wujudnya butiran kecil berwarna putih. Tujuan dari silica gel itu untuk mengendapkan air dan uap air. Angin yang dalam keadaan basah dilewatkan melalui permukaan silica gel itu.



Gambar 11-4.
Skematis Cara Pengeringan Udara Bertekanan dengan Sistem Endapan

3. Pengeringan dengan cara suhu rendah

Proses pengeringan udara cara ini bekerja atas dasar prinsip menurunkan titik embun (lihat Gambar 11-5). Angin didinginkan mengalir ke dalam suhu rendah pengering. Angin tadi mengalir melalui perubah udara panas dalam bagian pertama peralatan. Udara panas yang masuk didinginkan oleh udara sejuk tetapi kering yang dialirkan dari perubah udara panas (*evaporator*). Kejadian berikutnya adalah menyebabkan minyak dan air terpisah, dan oleh karena diperlukan mesin pendingin untuk menjalankan hanya pada kapasitas kurang dari 40%. Pendinginan awal udara bertekanan masuk ke unit pendingin hanya pada bagian kedua. Udara bertekanan kemudian didinginkan ke suhu 274,7⁰K (atau hanya 1,7⁰C).

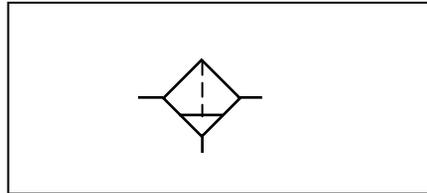


Gambar 11-5.
Cara Pengeringan Udara Bertekanan dengan Sistem Suhu Rendah

Penyaringan Udara Bertekanan (*Compressed air filter*)

Filter udara bertekanan adalah alat penyaring udara yang akan dipakai pada peralatan pneumatik. Gunanya untuk memisahkan partikel-partikel yang mungkin masih terbawa seperti air, debu, oli residu, dan sebagainya. Semua kandungan kotoran-kotoran dalam udara bertekanan seharusnya lebih mudah dihilangkan oleh penyaring udara. Diharapkan udara bertekanan menjadi betul-betul bersih setelah lewat penyaring udara. Jika saat penyedotan oleh kompresor tidak ada kesalahan yang terjadi dalam menghasilkan udara bertekanan, maka penyaring udara ini dapat memberikan udara yang amat bersih. Penyaring udara dapat dipasang sebagai perlengkapan tunggal atau sebagai unit gabungan dengan pelumasan dan pengatur tekanan. Khusus untuk masalah ini akan dibicarakan berikut nanti. Banyak ragam dan macam penya-ring

udara bertekanan, namun secara prinsip mempunyai fungsi yang sama yaitu sebagai pembersih angin dari kotoran-kotoran yang mungkin masih terbawa dari kompresor. Filter dapat digambar hanya secara simbol saja. Penggambaran menurut *International Standard Organization* (ISO) seperti tampak pada Gambar 11-6



Gambar 11-6 Simbol penyaring udara bertekanan

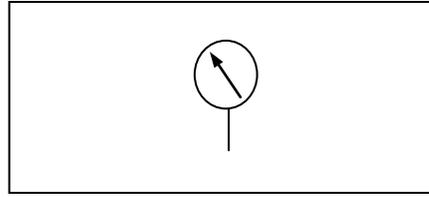
Pengatur Tekanan Udara

Udara yang keluar dari kompresor masih mempunyai tekanan tinggi. Ini lebih tinggi dari tekanan yang terdapat pada bagian-bagian kontrol dan bagian kerja dari peralatan pneumatik. Untuk mengatur tekanan udara yang akan didistribusikan ke bagian kontrol dan kerja digunakan suatu alat yang disebut pengatur tekanan (*pressure regulator*). Biasanya alat ini dipasang secara bersatu (menyatu) dengan penyaring udara yang disebut di atas. Setelah udara keluar dari saringan kemudian masuk pada regulator untuk diatur tekanannya sampai pada batas yang diinginkan. Terdapat bermacam-macam jenis regulator ini yang tersedia, tetapi fungsi dan kegunaannya adalah sama. Jika alat ini diidentikkan dengan sistem aliran listrik maka peralatannya identik dengan transformator listrik, khususnya transformator penurun tegangan.

Pengukur Tekanan Udara

Biasanya pengatur tekanan dipasang dan dilengkapi dengan sebuah alat penduga yang dapat menunjukkan tekanan udara keluarannya. Prinsip kerja dari alat penduga tekanan ini adalah dari sistem yang ditemukan oleh **Bourdon** sehingga peralatannya disebut sebagai manometer Bourdon.

Manometer dapat digambar hanya secara sim-bul saja. Penggambaran menurut *International Standard Organization* (ISO) seperti nampak pada Gambar 11-7.



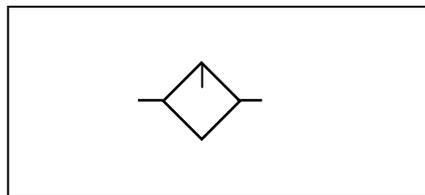
Gambar 11-7 Simbol Manometer

Pelumasan Udara Bertekanan

Bagian-bagian dari peralatan pneumatik yang bergerak dan menimbulkan gesekan memerlukan pelumasan. Untuk menjamin supaya bagian-bagian yang saling bergesekan seperti piston terhadap dinding silindernya dapat bekerja dan dipakai secara terus-menerus, maka harus diberikan pelumasan yang cukup. Jumlah tertentu dari minyak pelumas (olie) ditambahkan ke udara bertekanan dengan memakai perangkat lumas sebagai lubrikator. Udara bertekanan kemudian sudah tercampur dengan butiran-butiran olie ke bagian-bagian peralatan pneumatik yang saling bergesekan. Keuntungan pelumasan ini adalah :

1. Memungkinkan terjadinya penurunan angka gesekan
2. Dapat memberi perlindungan korosi
3. Umur pemakaian bagian-bagian pesawat pneumatik tentunya dapat lebih tahan lama (awet dipakai).

Hampir semua perangkat lumas pada udara bertekanan bekerja atas dasar *prinsip venturi*. Cara ini seperti halnya pengkabutan pada karburator motor bensin. Pelumasan dapat digambar hanya secara simbol saja. Penggambaran menurut *International Standard Organization* (ISO) seperti nampak pada Gambar 11-8.



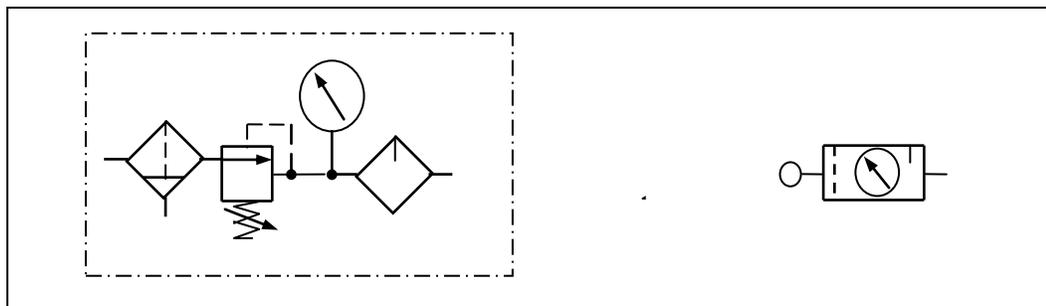
Gambar 11-8. Simbol Pelumasan

Unit Pelayanan Udara Bertekanan (*air service unit*)

Unit pelayanan yang dimaksud adalah kombinasi atau gabungan dari :

1. Perangkat saringan udara
2. Perangkat pengatur tekanan dengan pengukur tekanannya
3. Perangkat pelumasan udara bertekanan

Saringan udara dan pengatur boleh dan dapat dibangun dalam satu unit. Udara bertekanan mengalir ke pengatur tekanan lewat saringan udara yang sudah dibersihkan (tersaring). Dari pengatur tekanan yang sudah memberikan tekanan tetap (konstan) udara tadi dilewatkan ke dalam perangkat lumas. Unit pelayanan itu dapat digambar hanya secara simbol saja. Simbulnya menurut ISO-1219 adalah seperti nampak pada Gambar 10.



Gambar 11-9

Sebuah Unit Pelayanan Udara Pneumatik dan Simbol Penggambarannya

11.3 Latihan Soal

1. Rancanglah suatu sistem pengadaan udara bertekanan!
2. Jelaskan tahapan yang harus dilalui agar mendapatkan udara bertekanan yang bersih !
3. Jelaskan mengenai unit pelayanan udara bertekanan !

Modul – 12 Pneumatik (2)

Hasil Pembelajaran :

Mahasiswa dapat memahami dan menjelaskan karakteristik dari komponen Pneumatik

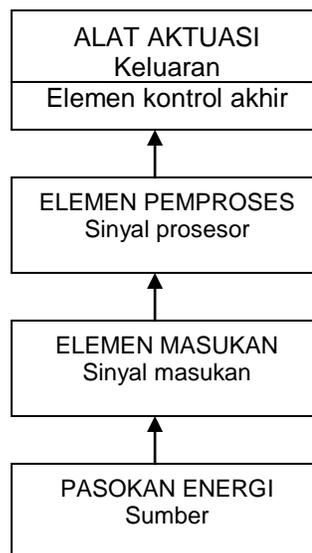
Tujuan

Bagian ini memberikan informasi mengenai karakteristik dan penerapan komponen Pneumatik

12.1 Pendahuluan

Sistem pneumatik terdiri dari beberapa tingkatan yang mencerminkan perangkat keras dan aliran sinyal.

Berbagai tingkatan yang membentuk lintasan kontrol untuk aliran sinyal mulai dari sinyal masukan menuju sinyal keluaran, seperti ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 12-1. Aliran sinyal kontrol

12.2 Pneumatik (2)

Sistem kontrol pneumatik terdiri dari beberapa komponen sinyal dan bagian kerja. Komponen-komponen sinyal dan kontrol menggunakan rangkaian atau urutan kerja dari bagian kerja yang disebut sebagai katup (*valve*). Ada sementara orang yang menyebut *ventil* (dari bahasa Jerman atau Belanda). Jadi katup pneumatik adalah perlengkapan pengontrol ataupun pengatur, baik untuk mulai (*start*), berhenti (*stop*), arah aliran angin.

Untuk memudahkan membaca fungsi dari setiap jenis katup yang akan digunakan, maka secara internasional digunakan sebagai fungsi katup-katup tersebut. Katup-katup yang dimaksud misalnya dari jenis konstruksi katup bola, katup cakra, katup geser, dan sebagainya. Hal ini tidak ubahnya dengan perlengkapan listrik bahwa yang digambar pada suatu gambar kerja adalah bukan benda-benda atau alat-alat listrik secara fisik, melainkan digambar secara simbol-simbol dari setiap komponen peralatan listrik tersebut. Sejauh ini simbol-simbol katup pneumatik (bahkan untuk bidang hidrolis pun) secara internasional yang sudah beredar dan diakui oleh beberapa banyak negara adalah seperti yang telah ditegaskan oleh DIN 24300 yaitu yang mengikuti rekomendasi *CETOP (Comite Europeen des Transmissions Oleohydrauliques et Pneumatiques)* dan ISO/R 1219 –1970.

Katup-katup pneumatik secara garis besar dibagi menjadi 6 (enam) kelompok menurut fungsinya, yaitu: 1) katup pengarah atau *directional way valve*, 2) katup non-balik atau *non-return valve*, 3) katup pengontrol tekanan atau *pressure control valve*, 4) katup pengontrol aliran atau *flow control valve*, 5) katup penutup atau *shut-off valve*, dan 6) katup-katup kombinasi atau *combination valves*.

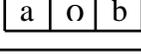
Yang menjadi penekanan pada modul ini adalah katup pengarah saja. Katup-katup lainnya akan dibahas pada modul yang lain.

Katup Pengarah (*directional way valve*)

Katup pengarah adalah perlengkapan yang menggunakan lubang-lubang saluran kecil yang akan dilewati oleh aliran angin, terutama untuk mulai (*start*) dan berhenti (*stop*) serta mengarahkan aliran itu.

1. Simbol-simbol katup pengarah dan cara penggambarannya

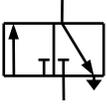
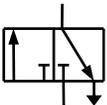
Dalam membuat diagram rangkaian (*circuit diagram*) pneumatik, setiap jenis katup yang digunakan harus digambarkan secara simbol-simbol saja. Simbol-simbol ini hanya untuk menunjukkan fungsinya, bukan merupakan prinsip kerja dari konstruksi katupnya. Untuk memahami dan cara menggambar katup, perhatikan petunjuk pada Gambar 12.2. Harap dibaca atau disimak secara urut mulai dari atas ke bawah.

	Perubahan posisi kerja katup digambarkan dengan bentuk segi empat bujur sangkar.
	Jumlah bujur sangkar yang berdekatan menunjukkan banyaknya perubahan posisi yang dimiliki oleh katup tersebut.
	Fungsi dan prinsip kerja digambarkan di dalam kotak bujur sangkar. Garis menunjukkan aliran, anak panah menunjukkan arah aliran.
	Posisi penutupan lubang-lubang katup ditunjukkan di dalam kotak oleh garis tegak lurus (bentuk siku-siku).
	Persimpangan aliran digambarkan oleh sebuah titik yang tebal atau lingkaran kecil yang diblok hitam.
	Sambungan (lubang saluran masuk dan keluar) ditunjukkan oleh garis dan digambar di luar kotak yang menyatakan posisi normal (awal).
	Posisi lain diperoleh dengan merubah kotak bujur sangkar sampai arah alirannya sesuai terhadap sambungannya (jumlah lubang-lubangnya).
	Perubahan posisi katup dapat dinyatakan dengan huruf kecil, misalnya huruf : a, b, c, dan seterusnya.
	Katup dengan 3 perubahan posisi, maka posisi tengah adalah sebagai posisi netral (posisi normal) dengan ditandai huruf kecil o.

Gambar 12.2 Cara Menggambar dan Membaca Katup Pneumatik

Pada katup-katup yang dapat diatur (disetel) kembali, misalnya dengan pegas pengembali (*spring return*) maka posisi normal ditentukan sebagai posisi perubahan diambil dengan menggerakkan bagian-bagian dari katup ketika katup tersebut tidak dihubungkan. Posisi awal adalah bahwa posisi diambil dengan meng-gerakkan bagian-bagian katup setelah pemasangan dalam sistem dan menghubungkan tekanan yang mencatu (*men-supply*), misalnya secara manual, mekanik, elektrik, dan yang dimaksud dalam perubahan program awal. Dengan kata lain, posisi normal adalah posisi katup sebelum mendapat gerakan kontrol.

Setiap katup dilengkapi dengan pembuangan udara yang telah dianggap selesai melakukan tugas. Model pembuangan udara bekas itu ada dua alternatif yaitu dibuang secara langsung dan lewat saluran penghubung (Gambar 12.3). Pada umum-nya juga telah dilengkapi dengan peredam (*silencer*) supaya saat udara angin tidak menimbulkan kebisingan. Alat peredam suara ini biasanya tidak nampak dari luar secara fisik, melainkan dibuat sembunyi sehingga tidak akan nampak sama sekali.

	<p>Pembuangan aliran udara bekas tanpa harus ada pipa penghubung (langsung dibuang secara bebas), digambarkan dengan segitiga langsung pada kotak di bawah lubang saluran buang.</p>
	<p>Untuk pembuangan udara bekas dengan pipa saluran (menyalurkan pembuangan), digambarkan dengan segitiga dan garis tambahan pada saluran buangnya.</p>

Gambar 12.3 Penandaan dan Cara Pembuangan Udara Bekas dari Katup Pneumatik

Untuk menjamin bahwa katup dipasang dengan tepat maka setiap saluran penyambungannya diberi tanda huruf besar atau angka. Tanda-tanda itu dibuat supaya saat membuat rangkaian diagram pneumatik menjadi lebih mudah mengkonstruksinya. Tanda-tanda saluran yang umum digunakan seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Tanda dan penomoran itu telah merujuk kepada ISO-1219.

Tabel 1.
Tanda-tanda dan Penomoran pada Lubang-lubang Katup Pneumatik

Jenis saluran:	Diberi tanda :		
Kerja (keluar dari katup)	A, B, C, ...	atau	2, 4, 6, ...
Tenaga (<i>pressure</i>)	P (<i>Pressure</i>)	atau	1
Pembuangan dari katup	R, S, T, ...	atau	3, 5, 7, ...
Kontrol atau sinyal	X, Y, Z, ...	atau	1.2 ; 1.4 ; 1.6 ; ...

Manfaat pemberian tanda-tanda ini adalah untuk memudahkan saat pemasangan awal atau membuat konstruksi baru, atau mungkin untuk pengecekan karena harus melakukan rekonstruksi, perbaikan, dan sebagainya. Hal ini penting jika jumlah katup-katup sebagai komponen rangkaian diagram pneumatik banyak sekali.

Jumlah katup pengarah banyak sekali (lihat ringkasannya pada Gambar 12.4). Jika sedang mengamati katup dari jenis katup pengarah maka yang pertama diperhatikan adalah jumlah lubangnya. Dihitung dulu jumlahnya, misalnya 2, 3, 4, 5, 6, dan seterusnya. Setelah itu baru melihat jumlah posisinya, misalnya 2, 3, dan mungkin 4 posisi. Terakhir adalah mengambil kesimpulan bahwa katup pengarah itu berpenandaan *2/2-way*, *3/2-way*, *4/2-way*, *5/2-way*, *3/3-way*, *4/3-way*, dan sebagainya.

Simbol Katup	Penandaan Katup	Posisi Normal (Awal)	Simbol Katup	Penandaan Katup	Posisi Normal (Awal)
	<i>2/2-way</i>	menutup		<i>4/2-way</i>	1 Pemasukan 1 Pembuangan
	<i>2/2-way</i>	membuka		<i>4/3-way</i>	posisi tengah menutup
	<i>3/2-way</i>	menutup		<i>4/3-way</i>	A & B posisi pembuangan
	<i>3/2-way</i>	membuka		<i>5/2-way</i>	Ada 2 saluran pembuangan
	<i>3/3-way</i>	menutup		<i>6/3-way</i>	Ada 3 posisi aliran

Gambar 12.4 Ringkasan Katup Pengarah dari Macam-macam Katup Pneumatik

2. Jenis-jenis penggerak katup pneumatik pada katup pengarah (lihat Gambar 12. 5 sampai dengan Gambar 12.8).

a) Dikontrol secara manual (*manual control*)

	Secara umum		Tuas (<i>Lever</i>)
	Tombol Tekan (<i>Push Button</i>)		Pedal / injakan

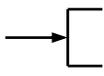
Gambar 12.5 Jenis Kontrol katup Pneumatik secara manual

b) Dikontrol secara mekanik (*mechanical control*)

	Plunyer		Rol (<i>Rooler</i>)
	Pegas (<i>Spring</i>)		Rol tuas dengan kembali bebas

Gambar 12.6. Jenis Kontrol Katup Pneumatik secara Mekanik

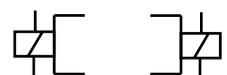
c) Dikontrol oleh tekanan angin (*pressure control*) atau secara pneumatik

	Memakai tekanan udara dari satu arah
	Memakai tekanan udara dari dua arah secara bergantian

Gambar 12.7.

Jenis Kontrol Katup Pneumatik dengan Udara Bertekanan

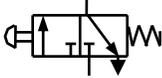
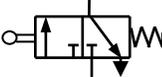
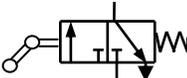
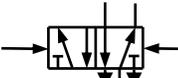
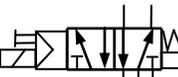
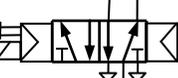
d) Dikontrol secara elektrik (*electrical control*)

	Sebuah solenoid (<i>single solenoid</i>)
	Dua buah solenoid (<i>double solenoid</i>) secara bergantian

Gambar 12.8

Jenis Kontrol Katup Pneumatik secara Elektrik (*Solenoid*)

3. Contoh penggambaran katup pneumatik secara operasional

	<p>Katup 3/2-way digerakkan oleh tombol tekan (PB) atau secara manual dan kembali ke posisi awal karena <i>spring return</i> (pegas pengembali)</p>
	<p>Katup 3/2-way digerakkan secara mekanik sebagai <i>Limit Switch</i> (LS) model biasa dan kembali ke posisi awal karena <i>spring return</i> (pegas pengembali)</p>
	<p>Katup 3/2-way digerakkan secara mekanik sebagai <i>Limit Switch</i> (LS) model rol tuas kembali bebas (<i>idle return</i>) dan kembali ke posisi awal karena <i>spring return</i></p>
	<p>Katup 5/2-way digerakkan/dikontrol oleh udara bertekanan (secara pneumatik) dari satu arah dan kembali ke posisi awal (normal) karena <i>spring return</i>. Biasa disebut <i>Monostable Distributor</i></p>
	<p>Katup 5/2-way digerakkan/dikontrol oleh udara bertekanan (secara pneumatik) dari dua arah secara bergantian. Biasa disebut <i>Bistable Distributor</i></p>
	<p>Katup 5/2-way digerakkan/dikontrol secara elektrik dari satu arah dan kembali ke posisi awal (normal) karena <i>spring return</i>. Biasa disebut <i>Monostable Electric Distributor</i></p>
	<p>Katup 5/2-way digerakkan/dikontrol secara elektrik dari dua arah secara bergantian. Biasa disebut <i>Bistable Electric Distributor</i></p>

Gambar 12.9. Contoh Katup Pneumatik secara Operasional

12.3 Latihan Soal

1. Katup-katup pneumatik adalah komponen pengontrol untuk silinder-silinder pneumatik atau aktuator yang lain. Untuk keperluan pembacaan dan penerangan maka katup-katup tersebut digambar secara simbol-simbol saja. Mengapa demikian ?
2. Gambar dan jelaskan katup pneumatik secara operasional !
3. Buatlah sebuah diagram rangkaian kontrol pneumatik menggunakan dengan menggunakan simbol-simbol yang telah dijelaskan pada modul ini beserta cara kerjanya !

Modul – 13

Praktikum Pneumatik

Hasil Pembelajaran :

Mahasiswa dapat memahami dan melaksanakan praktikum Pneumatik

Tujuan

Bagian ini memberikan informasi mengenai penerapan komponen Pneumatik dalam praktikum

13.1 Pendahuluan

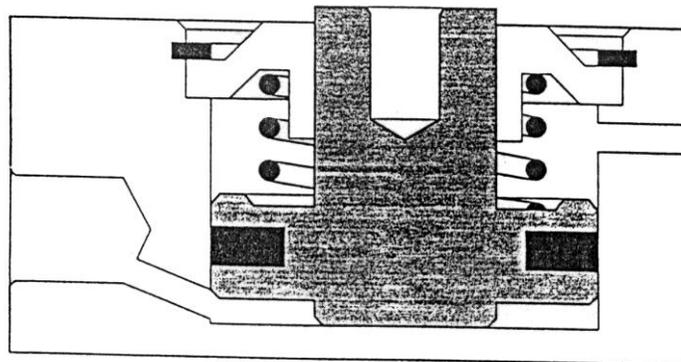
Kontrol rangkaian pneumatik, berdasarkan aliran udaranya dapat dibedakan menjadi 2 sistem yaitu: Sistem pengontrolan langsung dan sistem pengontrolan tak langsung. Kontrol yang paling sederhana dari silinder kerja tunggal atau kerja ganda adalah kontrol langsung. Kontrol langsung digunakan untuk silinder yang membutuhkan aliran udara sedikit, ukuran katup kontrol kecil dan gaya aktuasinya rendah. Jika katupnya besar, gaya aktuasi yang diperlukan akan terlalu besar untuk dilakukan operasi manual secara langsung. Silinder yang keluar dan masuk dengan cepat atau silinder dengan diameter piston besar memerlukan udara yang banyak. Untuk pengontrolannya harus dipasang sebuah katup kontrol dengan ukuran besar juga. Jika tenaga yang digunakan untuk mengaktifkan katup tidak mungkin dilakukan secara manual karena terlalu besar, maka harus dibuat rangkaian pengontrol tak langsung. Pada sistem ini, sebuah katub kecil digunakan untuk memberikan sinyal untuk mengaktifkan katup kontrol yang lebih besar.

13.2 Lembar informasi Praktikum Pneumatik

Rangkaian Silinder Kerja Tunggal

Rangkaian ini mempunyai satu lubang masukan udara dan satu lubang pembuangan serta pegas untuk gerakan kembali. Batang piston silinder kerja tunggal bergerak keluar pada saat silinder menerima udara bertekanan. Jika udara bertekanan dihilangkan, secara otomatis piston kembali lagi ke posisi awal.

Dengan memberikan udara bertekanan pada satu sisi permukaan piston, sisi yang lain terbuka ke atmosfer. Silinder hanya bisa memberikan gaya kerja pada satu arah. Gerakan piston kembali masuk diberikan oleh gaya pegas yang ada di dalam silinder atau memberi gaya dari luar. Gaya pegas yang ada di dalam silinder direncanakan hanya untuk mengembalikan silinder pada posisi mulai dengan alasan agar kecepatan kembali tinggi pada kondisi tanpa beban.

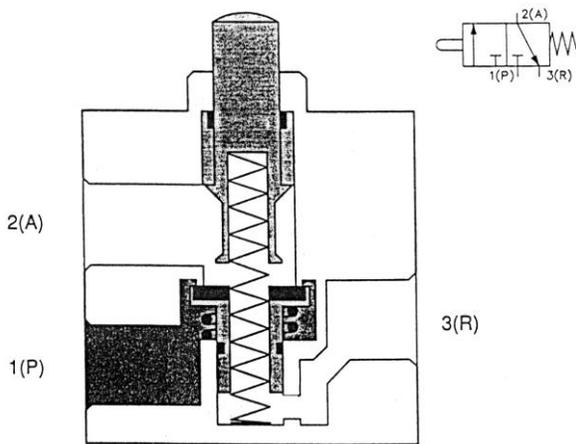


Gambar 13.1 Silinder Kerja Tunggal

Konstruksi silinder kerja tunggal mempunyai seal piston tunggal yang dipasang pada sisi suplai udara bertekanan. Pembuangan udara pada sisi batang piston silinder dikeluarkan ke atmosfer melalui saluran pembuangan. Jika lubang pembuangan tidak diproteksi dengan sebuah penyaring akan memungkinkan masuknya partikel halus dari debu ke dalam silinder yang dapat merusak seal silinder.

Katup tombol 3/2 (3/2 way push button valve) mempunyai 3 lubang yaitu lubang masukan, lubang keluaran, lubang pembuangan, dan 2 posisi kontak yang akan menentukan variasi aliran udara, tombol tekan untuk mengaktifkan dan pegas untuk kembali. Katup akan mengeluarkan sinyal ketika sebuah tombol tekan ditekan dan sinyal hilang bila tombol dilepas.

Katup 3/2 pegas kembali (3/2 way pneumatic valve) mempunyai 4 lubang yaitu lubang masukan, lubang keluaran, lubang pembuangan, dan lubang sinyal. Bila lubang sinyal diberi aliran udara maka akan mengaktifkan katup dan sebaliknya bila aliran udara diputus maka katup akan kembali ke posisi awal karena terdorong oleh pegas kembali.

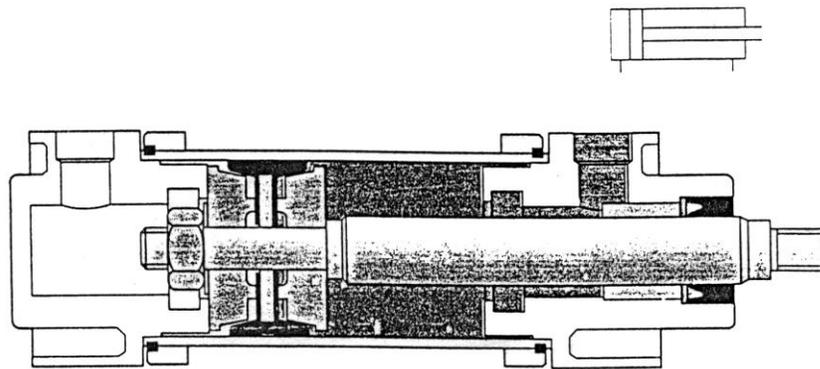


Gambar 13.2. Katup 3/2 Pegas Kembali

Rangkaian Silinder Kerja Ganda

Prinsip konstruksi silinder kerja ganda adalah sama dengan silinder kerja tunggal, tetapi tidak memiliki pegas pengembali, dan dua lubang saluran dapat dipakai sebagai saluran masukan maupun saluran keluaran secara bergantian. Silinder kerja ganda mempunyai keuntungan yaitu bisa dibebani pada kedua arah gerakan batang pistonnya. Hal ini memungkinkan pemasangan yang lebih fleksibel. Seperti pada silinder kerja tunggal, pada silinder kerja ganda, piston dipasang dengan seal jenis O atau membran.

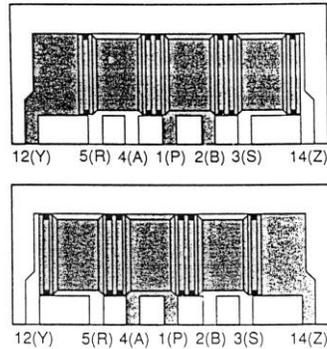
Jika silinder harus menggerakkan massa yang besar, maka dipasang peredam di akhir langkah untuk mencegah benturan keras dan kerusakan silinder. Proses peredaman dilakukan dengan jalan pada saat piston akan mencapai akhir langkah, peredam piston memotong langsung jalan arus pembuangan udara ke udara bebas. Untuk itu disisakan sedikit sekali penampang pembuangan yang umumnya dapat diatur. Sepanjang bagian terakhir dari jalan langkah, kecepatan masuk dikurangi secara drastis.



Gambar 13.3 Silinder Kerja Ganda

Katup 4/2 atau 5/2 dapat dipakai untuk mengontrol silinder kerja ganda. Katup tombol 4/2 (4/2 way push button valve) mempunyai 4 lubang yaitu dua lubang masukan, lubang keluaran, dan lubang pembuangan. Posisi kontak akan menentukan variasi aliran udara, tombol tekan untuk mengaktifkan dan pegas untuk kembali. Katup tombol 5/2 (5/2 way push button valve) mempunyai 5 lubang yaitu dua lubang masukan, lubang keluaran, dan dua lubang pembuangan.

Katup 4/2 pegas kembali (4/2 way pneumatic valve) mempunyai 5 lubang yaitu dua lubang masukan, lubang keluaran, lubang pembuangan, dan lubang sinyal. Bila lubang sinyal diberi aliran udara maka akan mengaktifkan katup dan sebaliknya bila aliran udara diputus maka katup akan kembali ke posisi awal karena terdorong oleh pegas kembali. Sedangkan katup 5/2 pegas kembali (5/2 way pneumatic valve) mempunyai 6 lubang yaitu dua lubang masukan, lubang keluaran, dua lubang pembuangan, dan lubang sinyal. Bila lubang sinyal diberi aliran udara maka akan mengaktifkan katup dan sebaliknya bila aliran udara diputus maka katup akan kembali ke posisi awal karena terdorong oleh pegas kembali.



Gambar 13.4 Katup 5/2 Pegas Kembali

Rangkaiana Kontrol Aktuator Jamak

Dalam aplikasi industri penggunaan rangkaian kontrol dengan dua atau lebih aktuator adalah hal yang sangat lazim. Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan untuk memilih media kontrol yang sesuai, diantaranya adalah:

1. Tuntutan kerja dan keluaran yang dibutuhkan.
2. Metode pengontrolan yang diprioritaskan.
3. Sumber daya manusia untuk menunjang proyek.
4. Lingkungan sistem yang sudah ada dimana sistem yang baru akan dipakai.

Sistem secara keseluruhan membutuhkan gabungan dan media kontrol dan kerja oleh karena itu peralatan pengubah akan menjadi elemen penting dari suatu proses untuk menjamin kelangsungan dan keseragaman dari sinyal dan data.

Penelaahan permasalahan secara jelas diperlukan untuk mengembangkan pemecahan sistem kontrol. Tersedia beberapa kemungkinan untuk menjabarkan masalah dalam bentuk teks maupun dalam bentuk grafik. Metode penjabaran dalam sistem pengontrolan yang digunakan untuk identifikasi permasalahan adalah sebagai berikut:

1. Tata letak.
2. Diagram rangkaian.
3. Diagram gerakan langkah.
4. Diagram gerakan waktu.
5. Diagram kontrol.
6. Diagram aliran.
7. Diagram fungsi.

Untuk pengontrolan pneumatik banyak menggunakan metode tata letak, diagram rangkaian, diagram gerakan langkah dan diagram gerakan waktu.

Tata letak menunjukkan hubungan antara aktuator dengan mesinnya. Aktuator ditunjukkan dalam orientasi yang benar. Diagram yang digunakan adalah penggabungan antara uraian proses kerja mesin dan diagram gerakan.

Diagram rangkaian memperlihatkan aliran sinyal dan hubungan antara komponen dan lubang saluran udara, juga tidak menjelaskan tata letak secara mekanik. Rangkaian digambar dengan aliran energi dari bawah ke atas. Rangkaian meliputi sumber energi, masukan sinyal, pengolah sinyal, elemen kontrol akhir dan aktuator.

Diagram gerakan langkah digunakan untuk menggambarkan gerakan yang berurutan di dalam daerah kerja pneumatik. Apabila sistem kontrol lebih dari satu aktuator, aktuator kedua dan seterusnya digambarkan dibawahnya dalam daerah yang sama. Hubungan antar atuator dapat dilihat melalui langkah-langkahnya.

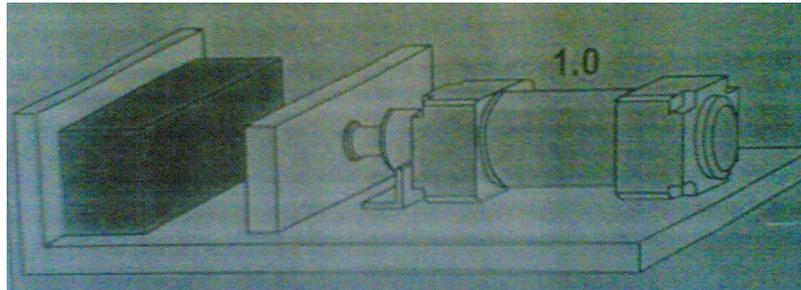
Penggunaan rangkaian kontrol pneumatik dengan aktuator jamak di industri diantaranya adalah kontrol pembalik beban, pemindah benda kerja datar oleh pengayun, kontrol untuk perbedaan tingkat distribusi benda kerja, kontrol perubahan arah dari konveyor, alat distribusi untuk 2 atau lebih lintasan, alat pembuang dan pemutar, dan sebagainya.

13.3 Praktikum Pneumatik

1. Rangkaian Silinder Kerja Tunggal

a. Kontrol Langsung

Silinder kerja tunggal dengan dengan diameter 25 mm harus mencekam benda kerja, apabila tombol ditekan. Silinder harus tetap berada dalam posisi mencekam, selama tombol ditekan. Jika tombol dilepas, maka alat pencekam harus terbuka.



Gambar 13-5. Alat Pencekam

1. Gambar diagram rangkaian !
2. Jelaskan cara kerja rangkaian tersebut !

b. Kontrol tak Langsung

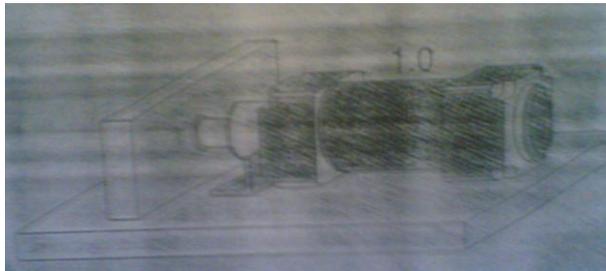
Silinder kerja tunggal dengan diameter piston besar harus bergerak keluar, pada saat tombol ditekan dan silinder harus masuk kembali, pada saat tombol dilepas.(alat pencekam menggunakan Gambar 13-5)

1. Gambar diagram rangkaian !
2. Jelaskan cara kerja rangkaian tersebut !

2. Rangkaian Silinder Kerja Ganda

a. Kontrol Langsung

Batang piston silinder kerja ganda harus keluar setelah tombol ditekan dan segera masuk kembali apabila tombol dilepas. Silinder ini berdiameter 25mm dan memerlukan sedikit udara untuk mengontrolnya.

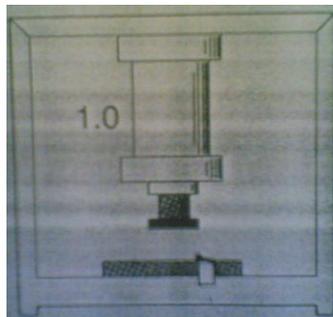


Gambar 13-6. Sketsa Posisi 1

- a. Gambar diagram rangkaian !
- b. Beri tanda pada katup dan nomor pada tiap lubang !
- c. Jelaskan cara kerja rangkaian tersebut !
- d. Bagaimanakah silinder bereaksi apabila sesaat setelah tombol diaktifkan langsung dilepas ?

b. Kontrol tak Langsung

Silinder kerja ganda harus keluar pada saat tombol ditekan dan kembali lagi setelah tombol dilepas. Silinder berdiameter 250mm, sehingga memerlukan udara banyak.

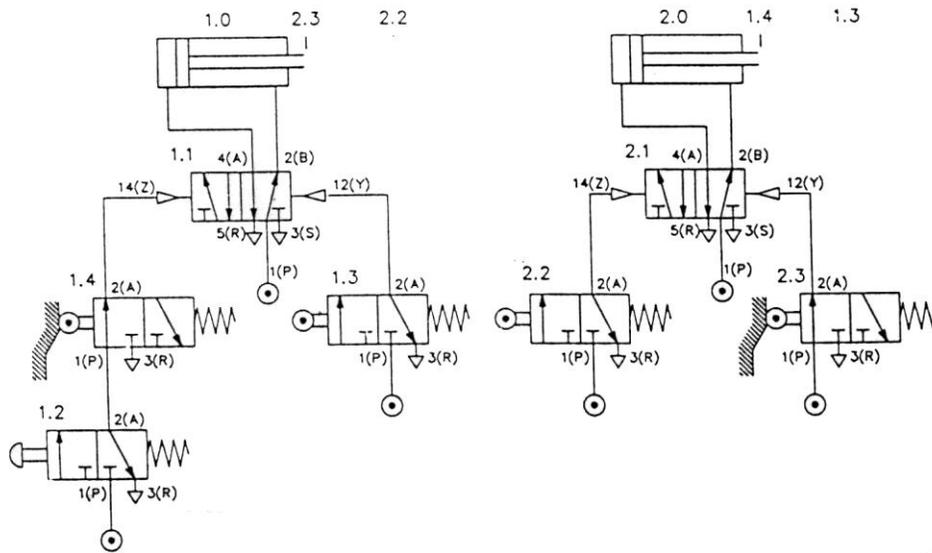


Gambar 13-7. Sketsa Posisi 2

- a. Gambar diagram rangkaian !
- b. Beri tanda pada katup dan nomor pada tiap lubang !
- c. Jelaskan cara kerja rangkaian tersebut !
- d. Bagaimanakah silinder bereaksi apabila sesaat setelah tombol diaktifkan langsung dilepas ?

3. Rangkaian Kerja Aktuator Jamak

Rangkaian Kontrol Dua Silinder yang Bekerja Berurutan



- Jelaskan cara kerja rangkaian diatas !
- Pada satu sistem produksi terdapat sub sistem pengecapan produk dengan menggunakan rangkaian pneumatik. Dua buah silinder kerja ganda digunakan untuk membuat sub sistem ini. Proses dimulai dengan menekan tombol pada katup 3/2 yang menyebabkan silinder A maju, sesudah silinder A maju diikuti oleh silinder B maju untuk mengecap produk dan kemudian silinder B mundur, mundurnya silinder B menyebabkan silinder A kembali mundur ke posisi semula. Buatlah rangkaian kontrol dari permasalahan tersebut !

Modul – 14

PLC dan Praktikum PLC

Hasil Pembelajaran :

Mahasiswa dapat memahami karakteristik PLC dan melaksanakan praktikum PLC

Tujuan

Bagian ini memberikan informasi mengenai karakteristik PLC dan penerapannya dalam praktikum

14.1 Pendahuluan

Alat kontrol logika yang dapat diprogram (PLC) memproses sinyal masukan binari untuk menghasilkan sinyal keluaran atau output, yang secara langsung mempengaruhi proses, pengoperasian dan urutan teknis.

Programmable Logic Controller (PLC) menjamin, bahwa semua langkah dalam rangkaian industrial tersebut diset dalam gerakan sesuai urutan yang benar dan dengan ketentuan waktu yang terkoordinasi.

PLC selalu memonitor status-status tertentu dalam instalasi tersebut (misalnya : suhu, tekanan, level dsb). Jika nilai yang telah ditetapkan terlewati atau tidak tercapai, maka PLC tersebut, akan memicu reaksi untuk mengatasi gejala tersebut atau memberi sinyal yang sesuai kepada staf operasional.

Konsep dari PLC adalah sesuai dengan namanya adalah sebagai berikut:

- *Programmable*
Menunjukkan kemampuannya yang dapat dengan mudah diubah-ubah sesuai program yang dibuat dan kemampuannya dalam hal memory program yang telah dibuat.
- *Logic*
Menunjukkan kemampuannya dalam memproses input secara aritmetik (ALU), yakni melakukan operasi membandingkan, menjumlahkan, mengalikan, membagi, mengurangi, dan negasi.
- *Controller*
Menunjukkan kemampuan dalam mengontrol dan mengatur proses sehingga menghasilkan output yang diinginkan.

14.2 PLC

Fungsi Programmable Logic Controller (PLC)

Fungsi dan kegunaan dari PLC dapat dikatakan hampir tidak terbatas. Tapi dalam prakteknya dapat dibagi secara umum dan secara khusus.

Secara umum fungsi dari PLC adalah sebagai berikut:

1. Kontrol Sekuensial

PLC memproses input sinyal biner menjadi output yang digunakan untuk keperluan pemrosesan teknik secara berurutan (sekuensial), di sini PLC menjaga agar semua step/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.

Fungsi PLC secara khusus adalah dapat memberikan input ke CNC (Computerized Numerical Control). Beberapa PLC dapat memberikan input ke CNC untuk kepentingan pemrosesan lebih lanjut. CNC bila dibandingkan dengan PLC mempunyai ketelitian yang lebih tinggi dan lebih mahal harganya. CNC biasanya dipakai untuk proses finishing, membentuk benda kerja, moulding, dan lain-lain.

Keuntungan PLC atas Kontrol Konvensional:

- Aplikasi Universal → Pemrograman yang ampuh
- Produksi yang besar → Mudah diubah
- Harga semakin murah → Commissioning mudah
- Bidang aplikasi baru → Text dan grafik

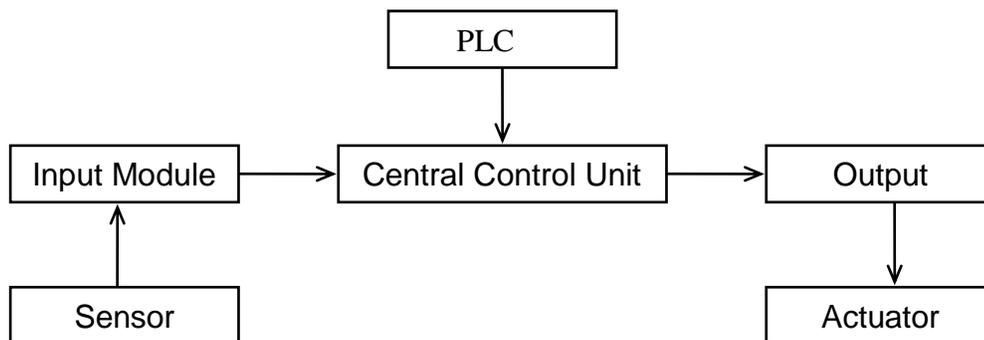
Sistem Komponen dari PLC

PLC atau biasa disebut PC (Programmable Controller) adalah suatu perangkat yang dapat dengan mudah diprogram dengan menggunakan pengontrol peralatan. PLC sederhana mempunyai komponen utama berupa CCU (Central Control Unit), Unit I/O, Programming Console, Rack atau Mounting Assembly dan catu daya.

Central Control Unit (CCU)

Central Control Unit merupakan unit pusat pengolah data yang digunakan untuk melakukan proses pengolahan data dalam PLC. Central Control Unit ini merupakan sebuah mikroprosesor.

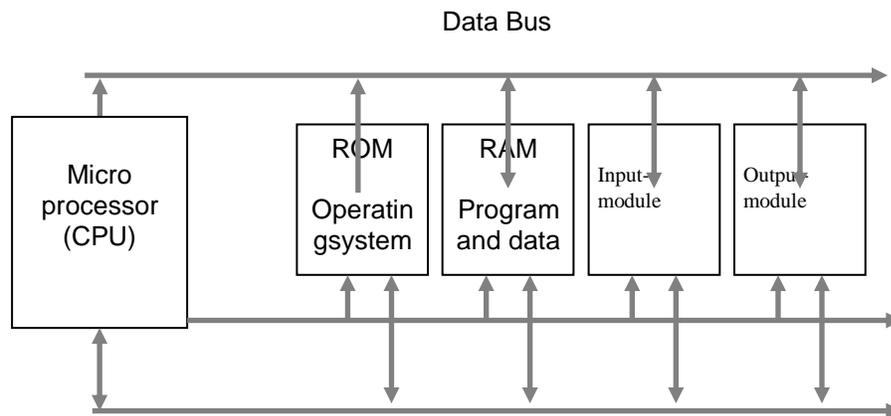
Sistem komponen dari sebuah PLC adalah seperti gambar di bawah ini:



Gambar 14-1. Sistem Komponen dari Sebuah PLC

Desain dari Central Control Unit

Gambar di bawah ini menunjukkan bagian dari mikroprosesor. Mikroprosesor terdiri dari Arithmetic Logic Unit (ALU), control unit dan sejumlah kecil memori unit yang disebut dengan register. Tugas dari ALU adalah untuk melakukan operasi aritmetika (penjumlahan, perkalian, pembagian, dsb) dan logika (operasi OR, AND, NOT, dsb).



Gambar 14-2. Desain dari Sebuah Mikroprosesor

Accumulator

Atau AC adalah register khusus yang dapat diakses secara langsung oleh ALU. Accumulator ini berfungsi untuk menyimpan data yang akan diproses dan data hasil pemrosesan.

Instruction Register

Berfungsi untuk menyimpan perintah yang telah dipanggil oleh program memori sampai perintah tersebut diterjemahkan dan dieksekusi.

Sebuah perintah (**Command**), terdiri dari dua bagian yaitu bagian operasi dan bagian alamat. Bagian operasi menunjukkan operasi logika mana yang akan dikerjakan sedangkan bagian alamat menunjukkan operand (sinyal input, sinyal output, flag, timer, dsb) dari operasi logika yang akan dikerjakan.

Program Counter

Program counter merupakan register yang berisi alamat dari perintah selanjutnya yang akan dikerjakan.

Control Unit

Control unit bertugas mengatur dan mengontrol seluruh urutan logika dari operasi yang dikehendaki selama proses eksekusi sebuah perintah.

Central Control Unit dari sebuah PLC

Central Control Unit digunakan untuk memproses sinyal input untuk mendapatkan sinyal output seperti dengan yang diharapkan. CCU memproses input berdasarkan dengan program yang telah diberikan. Sebuah program terdiri dari urutan-urutan yang harus dikerjakan.

Pemrosesan sebuah program oleh CCU sederhana dapat dijelaskan sebagai berikut:

- program memori berisi perintah-perintah yang harus dikerjakan, CCU mempunyai akses ke program memori.
- control unit menghendaki data input melalui modal input dan memprosesnya di ALU yang juga terhubung dengan perintah yang tersimpan dalam program memori.
- output data dikeluarkan oleh control unit melalui modul output ke sistem yang dikontrol.

Memori

Program yang dijalankan mendapat perhatian khusus selama proses operasi dan karenanya perlu suatu memori yang disebut memori program yang dapat dibaca oleh prosesor. Pemilihan memori program harus didasarkan atas pertimbangan-pertimbangan berikut ini:

- harus cukup sederhana dan mudah untuk memodifikasi atau membuat program baru.
- keamanannya terjamin, dalam hal program tidak akan berubah terhadap interferensi listrik atau bila listrik mati.
- harus cukup cepat atau tidak ada delay untuk operasi dengan prosesor.

Terdapat 3 jenis memori yang sering digunakan yaitu RAM, EPROM, dan EEPROM.

- **RAM**

RAM (Random Acces Memory) merupakan memori yang cepat dan bersifat volatile (data akan hilang bila arus listrik mati). RAM digunakan sebagai memori utama dalam PLC, dapat dibaca dan ditulisi. Untuk menjaga terhadap tegangan listrik yang mati, biasanya RAM dilengkapi dengan baterai yang tahan selama bertahun-tahun.

- **EPROM**

EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) adalah jenis memori yang cepat dan juga murah harganya, sama dengan memori RAM hanya saja EPROM bersifat non-volatile, artinya isi memori ini tetap ada walaupun supply tegangan hilang. Untuk keperluan modifikasi program maka memori ini harus dikosongkan isinya melalui penyinaran dengan sinar ultraviolet. Karena begitu kompleksnya proses penghapusan untuk memprogram ulang bahkan meskipun harganya murah, orang cenderung memilih RAM. Baru bila programnya sudah benar dan lengkap langsung bisa ditransfer ke EPROM secara permanen.

- **EEPROM**

EEPROM adalah memori yang mirip dengan memori EPROM, hanya saja untuk proses penghapusannya menggunakan arus listrik.

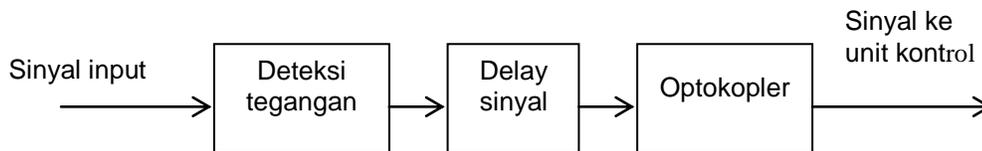
Modul Input dan Modul Output

Fungsi dari sebuah modul input adalah untuk mengubah sinyal masukan dari sensor ke PLC untuk diproses di bagian CCU. Sedangkan modul output adalah kebalikannya, mengubah sinyal PLC kedalam sinyal yang sesuai untuk menggerakkan aktuator. Dari modul input dan output kita dapat menentukan jenis suatu PLC dari hubungan antara central control unit dengan modul input dan output yaitu compact PLC dan modular PLC. Compact PLC adalah bila input modul CCU dan output modul dikemas dalam suatu wadah. Modular PLC bila modul input, modul output dan CCU dikemas dalam satu wadah. Modular PLC bila modul input, modul output dan CCU dikemas secara tersendiri.

- **Modul input**

Modul input adalah modul tempat menghubungkan sensor-sensor dengan modul itu sendiri. Sinyal sensor tersebut selanjutnya akan diteruskan ke CCU. Fungsi terpenting dari sebuah modul input adalah sebagai berikut:

- mendeteksi sinyal masukan
- mengatur tegangan kontrol untuk batas tegangan logika masukan yang diijinkan
- melindungi peralatan elektronik yang sensitif terhadap tegangan luar
- Menampilkan sinyal masukan tersebut.



Gambar 14-3. Blok Diagram Modul Input

Deteksi tegangan error meyakinkan bahwa tegangan masuk masih dalam batas yang diijinkan atau tidak. Bila tegangannya terlalu tinggi akan diturunkan melalui dioda breakdown.

Delay sinyal meyakinkan apabila tegangan yang diterima sudah merupakan input yang sebenarnya atau bukan. Rangkaian ini mempertahankan tegangan input sesaat (1-20 ms) untuk membedakannya dengan sinyal-sinyal lain seperti tegangan interferensi.

Optokopler mengirimkan informasi sensor berupa cahaya dan menciptakan isolasi elektronik antara kontrol dan rangkaian logika. Selanjutnya melindungi komponen elektronik yang sensitif dan naiknya tegangan luar secara tiba-tiba. Terdapat optikopler yang mampu memberikan perlindungan terhadap tegangan sampai dengan 5 kV (5000 volt) yang sesuai dengan aplikasi untuk industri.

- **Modul output**

Modul output mengeluarkan sinyal dari CCU ke kontrol elemen yang diperlukan untuk menggerakkan aktuator sesuai dengan tugas yang telah diberikan. Fungsi terpenting dari modul output adalah sebagai berikut:

- mengatur tegangan kontrol untuk batas tegangan logika yang diijinkan.
- melindungi peralatan elektronik yang sensitif terhadap tegangan luar.
- memberikan penguatan sinyal output sebelum dikeluarkan sehingga cukup kuat menggerakkan aktuator.
- memberikan perlindungan terhadap arus hubung singkat (short-circuit) dan pembebanan relay atau elektronik.



Gambar 14-4. Blok Diagram Modul Output

Optokopler adalah bentuk dasar dari power secara elektronik yang memberikan perlindungan terhadap komponen elektronik dan juga berfungsi untuk pengatur tegangan output. Saat ini perlindungan terhadap short-circuit dan overload serta power amplification telah dikemas dalam satu rangkaian terpadu berupa modul-modul melalui hubungan transistor secara Darlington atau lainnya.

Amplifier berguna untuk menguatkan arus listrik output sehingga nantinya cukup kuat untuk menggerakkan aktuator.

Short circuit monitoring memonitor jika terjadi arus hubung singkat pada rangkaian luar dan memutuskan hubungan antara modul output dengan rangkaian luar.

Catu Daya

Sistem PLC memerlukan dua buah catu daya. Satu untuk keperluan peralatan output, sedangkan satunya untuk catu daya modul-modul PLC itu sendiri yang menggunakan arus DC. Arus DC ini dapat diperoleh dari rangkaian terintegrasi atau transistor. Jika sistem catu daya menggunakan IC TTL dapat dihasilkan tegangan 5V, tetapi jika menggunakan IC CMOS tegangan yang didapat akan dapat bervariasi dalam 3 sampai 18 Volt.

Komponen dari Sistem Kontrol yang Menggunakan PLC

PLC adalah Programmable Logic Controller yang tak lebih berupa sebuah komputer yang dirancang secara khusus untuk mengerjakan tugas-tugas tertentu. Komponen dari sistem kontrol yang menggunakan PLC adalah seperti berikut:

- Hardware

Hardware adalah semua komponen elektronik dan mekanik dari suatu CCU dan memori. Sedangkan modul input dan output adalah untuk menghubungkan antara CCU dan aktuator/sensor.

- **Software**
 Dengan software kita bisa menentukan program untuk kondisi tertentu pada peralatan yang telah kita pasang. Dalam bahasa pemrograman hal tersebut adalah berarti menggambarkan kumpulan dari hubungan-hubungan rangkaian logika. Masing-masing program menjelaskan secara terpisah proses kontrol untuk sistem dan sebelum dieksekusi ditransfer dulu kedalam memori khusus dalam CCU (program memori). Jika diperlukan kita dapat memodifikasi program tersebut.
- **Sensor**
 Sensor dapat berupa limit switch, level sensor, atau sensor temperatur. Sensor ini memberitahu PLC, status dari sistem yang dikontrol. Bila diperlukan sinyal non listrik dapat diubah menjadi sinyal listrik untuk keperluan input.
- **Aktuator**
 Aktuator dapat berupa silinder pneumatik, motor listrik, dan sebagainya. Aktuator merupakan output dari PLC ke device dari sistem yang dikontrol.
- **Programmer**
 Program yang telah ditulis programmer diterjemahkan kedalam bahasa mesin CCU, kemudian bahasa mesin tersebut ditransfer kedalam program memori untuk selanjutnya dikerjakan. Dewasa ini programmer adalah berupa komputer PC yang berisi sistem pemrograman atau peralatan khusus semacam itu yang lebih kecil ukurannya (hand-hold programming).
- **Diagram Rangkaian**
 Cara menghubungkan input/output dengan PLC, terlebih dahulu harus dikenali komponen input seperti switch, maupun sensor, yang harus dihubungkan dengan alamat input PLC. Sedangkan komponen output seperti solenoid untuk menggerakkan valve dan silinder, lampu, coil magnetic contactor untuk menghubungkan sumber motor harus dihubungkan dengan alamat output PLC.

Dasar Pemograman PLC

Kontrol program adalah komponen utama dalam sistem yang bekerja secara otomatis. Kontrol program harus didesain secara sistematis, terstruktur dengan baik dan harus terdokumentasi agar bebas dari kesalahan, pemeliharaan mudah dan efektif dalam biaya. Untuk memrogram PLC dapat digunakan prosedur berikut untuk menyelesaikan permasalahan mengenai kontrol.

- Langkah 1 : Identifikasi masalah.
Definisi permasalahan harus menjabarkan problema kontrol secara tepat dalam bentuk yang detail. Informasi yang diperlukan yaitu skema posisi, skema sekuensial dan tabel kebenaran yang menerangkan hubungan antara masukan dan keluaran dan juga berguna untuk tes terhadap resiko pada saat instalasi.
- Langkah 2 : Allocation List
Allocation list berisi kondisi-kondisi program termasuk identifier atau alamat yang dipakai oleh keluaran atau masukan.
- Langkah 3 : Pembuatan program
Terdapat dua cara untuk membuat program, yaitu dengan menggunakan ladder diagram atau statement list. Pemrogram dapat menggunakan salah satu cara yang dikuasai.

Ladder diagram menggambarkan program dalam bentuk grafik. Diagram ini dikembangkan dari kontak-kontak relay yang terstruktur yang menggambarkan aliran arus listrik. Dalam ladder diagram ini terdapat dua buah garis vertikal dimana garis vertikal sebelah kiri dihubungkan dengan sumber tegangan positif catu daya, sedangkan garis sebelah kanan dihubungkan dengan sumber tegangan negatif catu daya. Diantara dua garis ini dipasang kontak-kontak yang menggambarkan kontrol dari saklar, sensor dan output. Satu baris dari diagram disebut dengan satu **rung**.

Statement List adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi. Semua hubungan logika dan kontrol sekuens dapat diprogram dengan menggunakan perintah dalam bahasa ini. Perintah-perintah yang digunakan adalah mirip dengan bahasa tingkat tinggi Basic atau Pascal.

Misal: IF S1
 THEN SET LAMPU

Pembuatan program PLC secara umum merupakan gabungan dari logika-logika sederhana diantaranya adalah logika AND, logika OR maupun Inversenya serta pengunci. Logika AND merupakan instruksi yang harus selalu didahului sekurang-kurangnya satu kontak yang lain. Pada ladder diagram logika AND dapat dijelaskan sebagai kontak NO (Normally Open) dalam rangkaian seri dengan kontak-kontak sebelumnya. Instruksi AND memungkinkan banyaknya masukan dari sinyal-sinyal

kondisi. Bila semua sinyal kondisi bernilai benar (“1” / “true”) maka baris program tersebut akan dijalankan dan selain itu tidak dijalankan.

Logika OR dapat dijelaskan sebagai kontak NO (Normally Open) tunggal yang dihubungkan secara paralel dengan kontak pertama dari ladder diagram. Instruksi OR memungkinkan banyaknya masukan dari sinyal-sinyal kondisi. Bila salah satu atau semua sinyal kondisi bernilai benar (“1” / “true”) maka baris program tersebut akan dijalankan dan selain itu tidak dijalankan.

Lembar Kerja

Alat dan Bahan

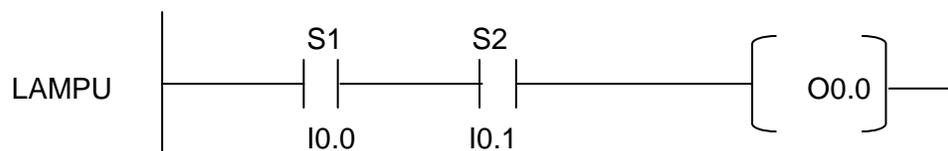
1. Unit PLC 1 buah
2. Unit input..... 1 buah
3. Unit output 1 buah
4. Komputer 1 set
5. Kabel Penghubung..... secukupnya

Percobaan Pertama : Logika AND

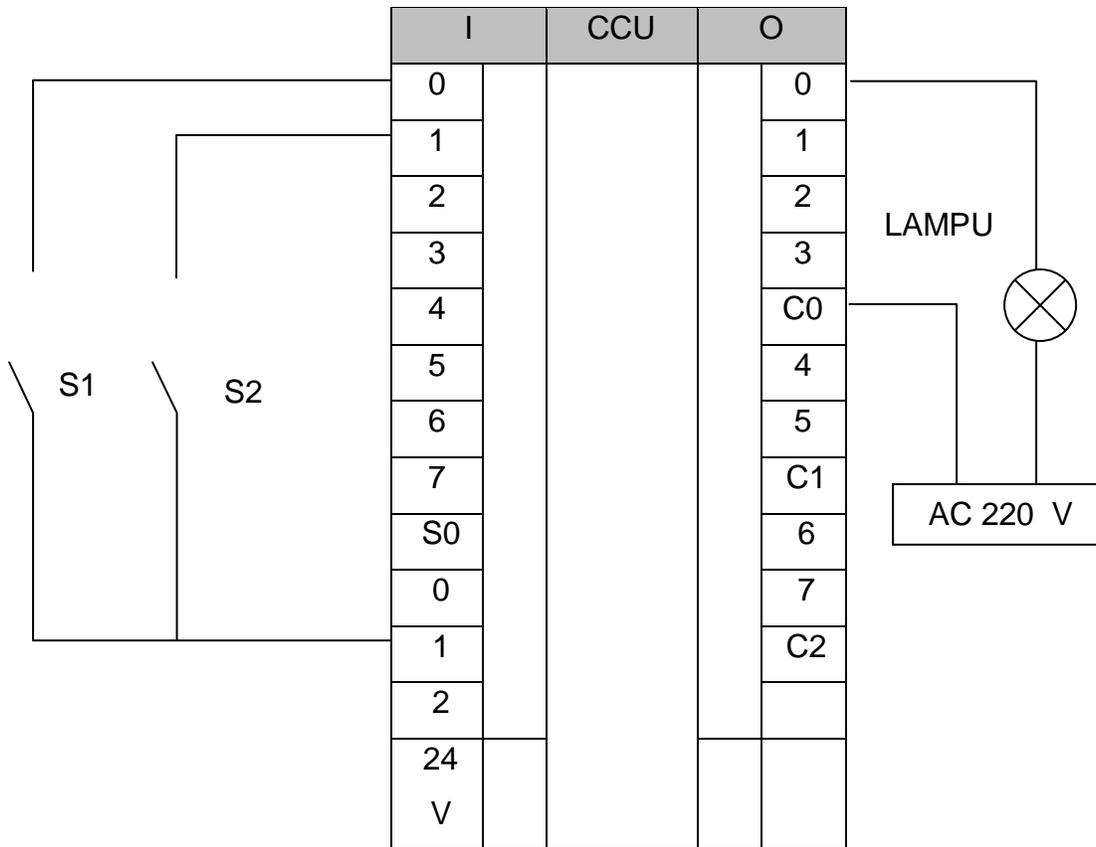
1. Buatlah project baru dengan nama LATIH-1 dan diskripsi LOGIKA AND !
2. Buat alocation list sebagai berikut !

Absolut Op.	Symbolic Op.	Deskripsi
I0.0	S1	Saklar “ON” / “1” saat ditekan
I0.1	S2	
O0.0	LAMPU	“ON” saat bernilai “1”

3. Buatlah ladder diagram berikut dengan komputer !



4. Buatlah rangkaian berikut !



5. Download lah ladder diagram ke PLC !
6. Jalankan PLC dengan menekan tombol RUN/STOP hingga pada posisi RUN !
7. Tekanlah S1, apakah lampu menyala ? ya / tidak *) !
8. Tekanlah S2, apakah lampu menyala ? ya / tidak *) !
9. Tekanlah S1 dan S2 secara bersamaan, apakah lampu menyala ? ya / tidak *) !
10. Buatlah kesimpulan dari pengamatan tersebut !
11. Buatlah statement list berikut dengan komputer !

```

IF      S1
AND    S2
THEN   SET      LAMPU
OTHRW  RESET   LAMPU

```

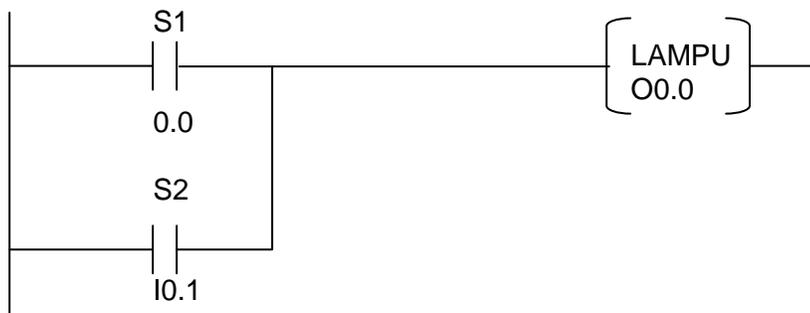
12. Ulangilah langkah 5 sampai 10 !

Percobaan Kedua : Logika OR

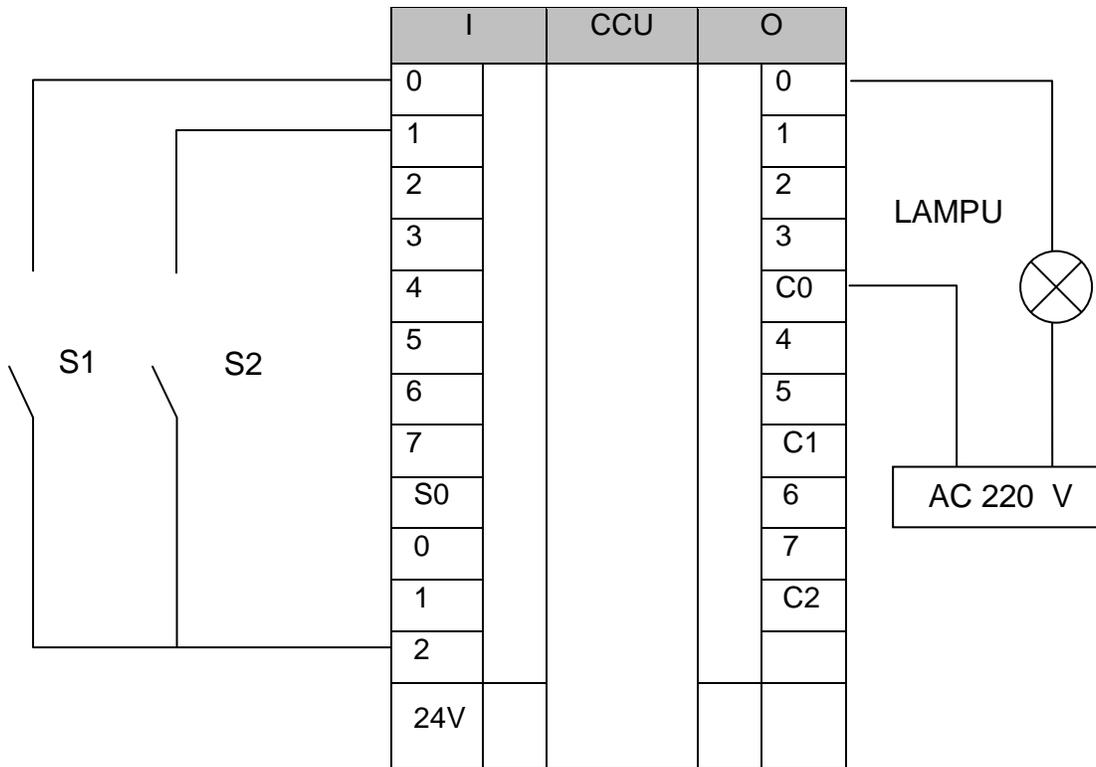
1. Buat project baru dengan nama LATIH-2 dan diskripsi LOGIKA OR!
2. Buat alocation list sebagai berikut !

Absolut Op.	Symbolic Op.	Deskripsi
I0.0	S1	Saklar "ON" / "1" saat ditekan
I0.1	S2	
O0.0	LAMPU	"ON" saat bernilai "1"

3. Buatlah ladder diagram berikut dengan komputer !



4. Buatlah rangkaian berikut !



5. Download lah ladder diagram ke PLC !
6. Jalankan PLC dengan menekan tombol RUN/STOP hingga pada posisi RUN !
7. Tekanlah S1, apakah lampu menyala ? ya / tidak *) !
8. Tekanlah S2, apakah lampu menyala ? ya / tidak *) !
9. Tekanlah S1 dan S2 secara bersamaan, apakah lampu menyala ? ya / tidak *) !
10. Buatlah kesimpulan dari pengamatan tersebut !
11. Buatlah statement list berikut dengan komputer !

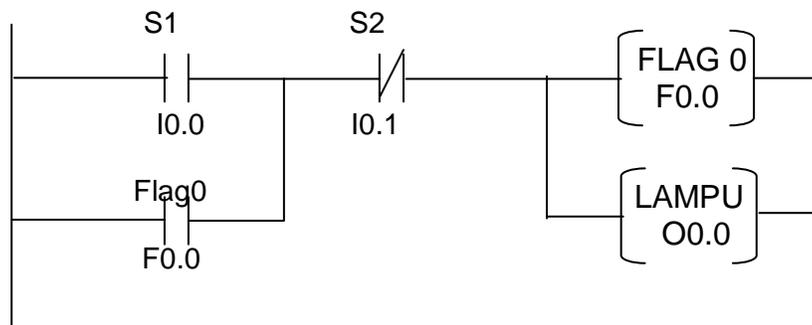
IF	S1	
OR	S2	
THEN	SET	LAMPU
OTHRW	RESET	LAMPU
12. Ulangilah langkah 5 sampai 10 di atas !

Percobaan Ketiga : FLAG

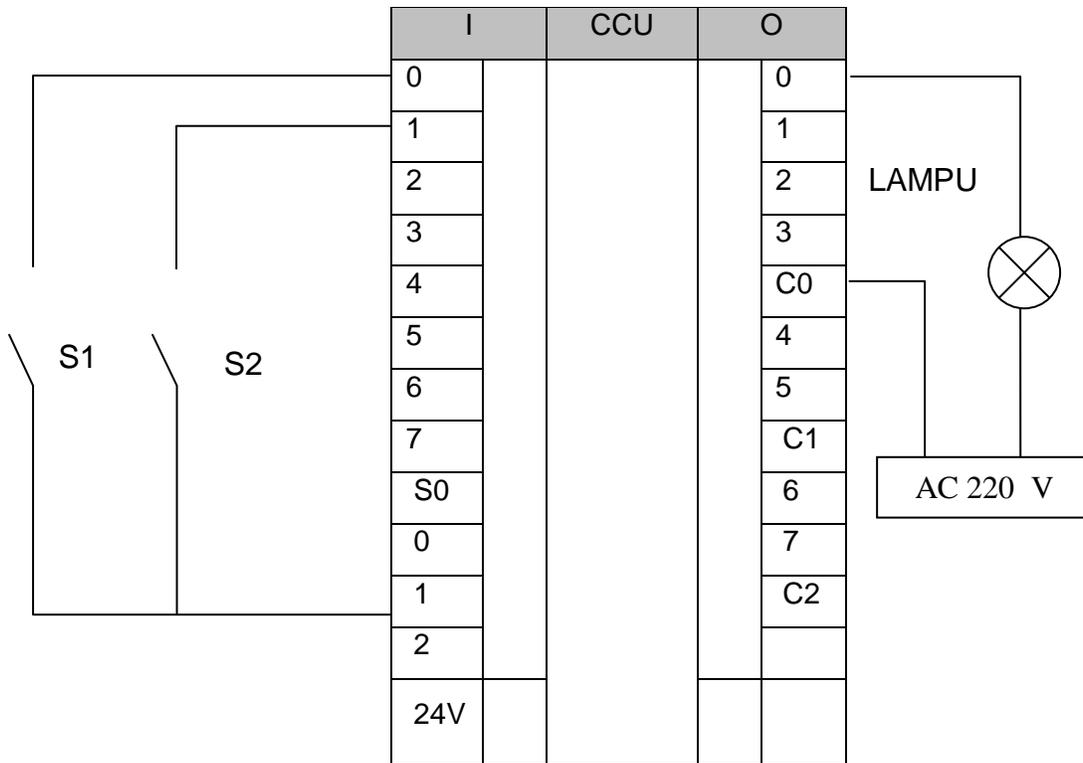
1. Buatlah` project baru dengan nama LATIH-3 dan diskripsi FLAG !
2. Buatlah alocation list sebagai berikut !

Absolut Op.	Symbolic	Deskripsi
I0.0	S1	Saklar "ON" / "1" saat ditekan
I0.1	S2	
O0.0	LAMPU	"ON" saat bernilai "1"
F0.0	FLAG0	Penyimpan nilai "1" saat aktif

3. Buatlah ladder diagram berikut dengan komputer !



4. Buatlah rangkaian berikut !



5. Download lah ladder diagram ke PLC !
6. Jalankan PLC dengan menekan tombol RUN/STOP hingga pada posisi RUN !
7. Tekanlah S1, apakah lampu menyala ? ya / tidak *) !
8. Tekanlah S2, apakah lampu menyala ? ya / tidak *) !
9. Tekanlah S1 dan S2 secara bersamaan, apakah lampu menyala ? ya / tidak *) !
10. Buatlah kesimpulan dari pengamatan tersebut !
11. Buatlah statement list berikut dengan komputer !

```

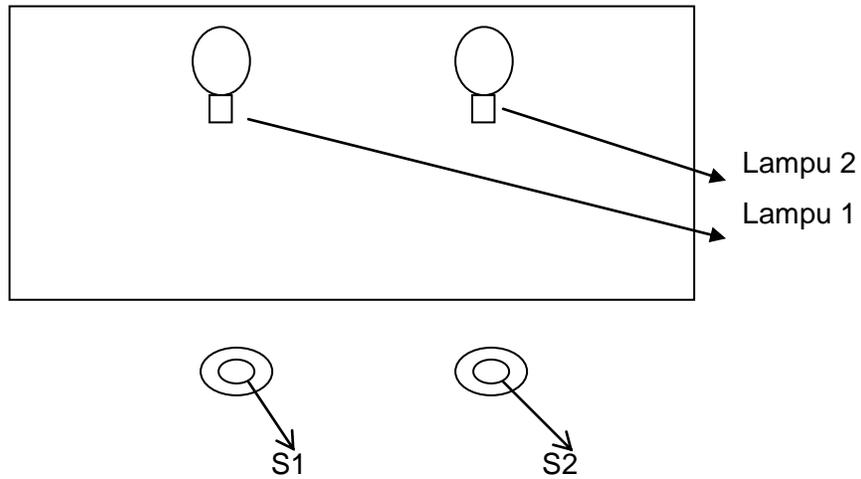
IF          S1
OR          FLAG0
AND         N   S2
THEN        SET          FLAG0
            SET          LAMPU
OTHRW      RESET       LAMPU

```

12. Ulangilah langkah 5 sampai 10 di atas !

Lembar Latihan

Dua buah lampu dengan 2 saklar akan menyala secara bergantian. Jika saklar 1 ditekan Lampu 1 menyala dan Lampu 2 Mati dan sebaliknya jika saklar 2 ditekan maka Lampu 1 mati sedangkan Lampu 2 menyala.



Pemrograman PLC dengan Timer dan Counter

Dalam aplikasi sistem kontrol logika AND, logika OR dan kebalikannya saja tidak cukup untuk menyelesaikan permasalahan pengontrolan, namun memerlukan komponen penunda waktu atau lazim disebut dengan TIMER dan komponen penghitung yang disebut dengan COUNTER. Timer dapat di set untuk satuan detik, menit maupun jam. Timer akan mulai melakukan perhitungan waktu saat saklar reset ditekan. Pada saat perhitungan waktu timer sama dengan settingnya kontak NO pada timer akan berubah menjadi NC demikian pula kontak NC pada timer akan berubah menjadi NO. Untuk satu timer, kita dapat menggunakan beberapa kontak NO dan NC yang dimiliki timer dengan perubahan kondisi kontak yang bersamaan.

COUNTER pada pemrograman PLC digunakan untuk melakukan penghitungan sinyal masukan dengan setting nilai yang ada pada COUNTER yang dilakukan oleh pemrogram. Jika hitungan sinyal masukan sama dengan nilai setting maka Counter akan merubah posisi NO menjadi NC dan sebaliknya NC akan menjadi NO. Sinyal masukan akan dihitung satu selama posisi sinyal masukan OFF menjadi ON. Panjang dan pendeknya sinyal OFF atau ON tidak berpengaruh pada perhitungan counter. Untuk masing-masing counter, kita dapat menggunakan beberapa kontak NO dan NC yang dimiliki counter dengan perubahan kondisi kontak yang bersamaan.

Percobaan Pertama : Timer (On Delay)

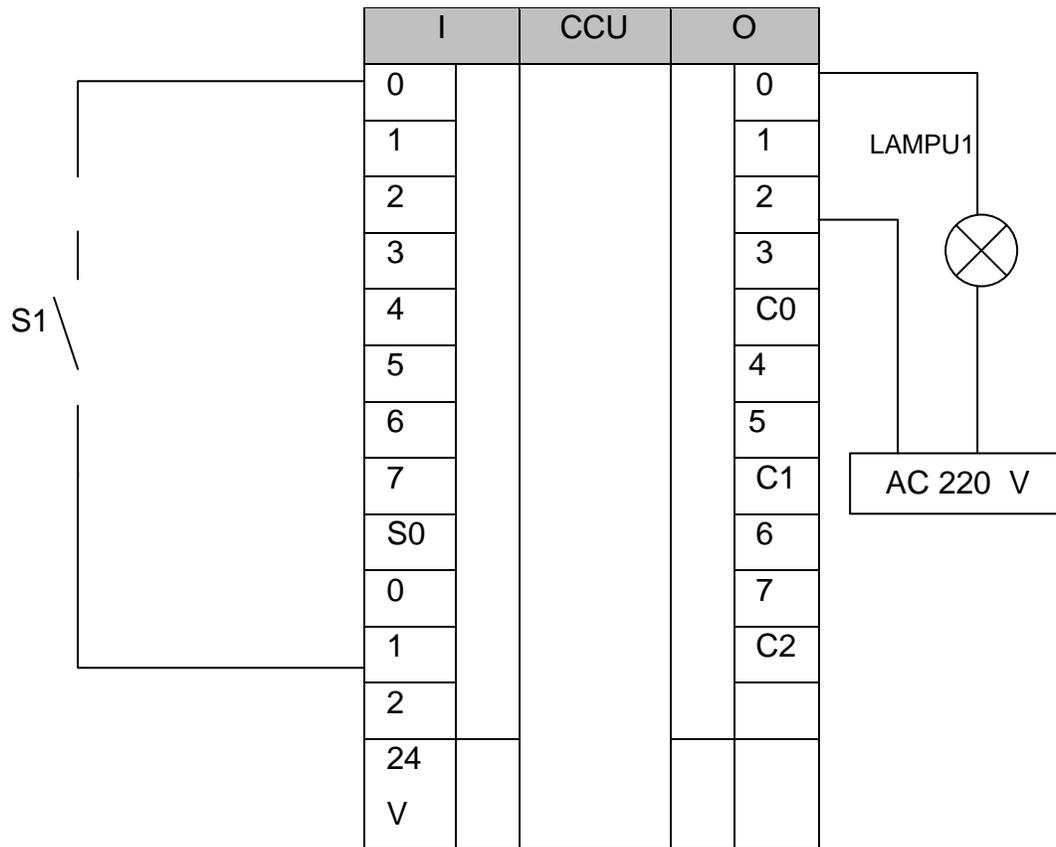
1. Buatlah project baru dengan nama LATIH-5 dan diskripsi TIMER !
2. Buat alocation list sebagai berikut !

Absolut Op.	Symbolic	Deskripsi
I0.0	S1	Saklar "ON" / "1" saat ditekan
T0	TIMER1	ON / "1" setelah n detik
TP0	TPRE0	Timer Preselect
O0.0	LAMPU1	"ON" saat bernilai "1"

3. Buatlah ladder diagram berikut dengan komputer !



4. Rangkailah seperti rangkaian berikut !



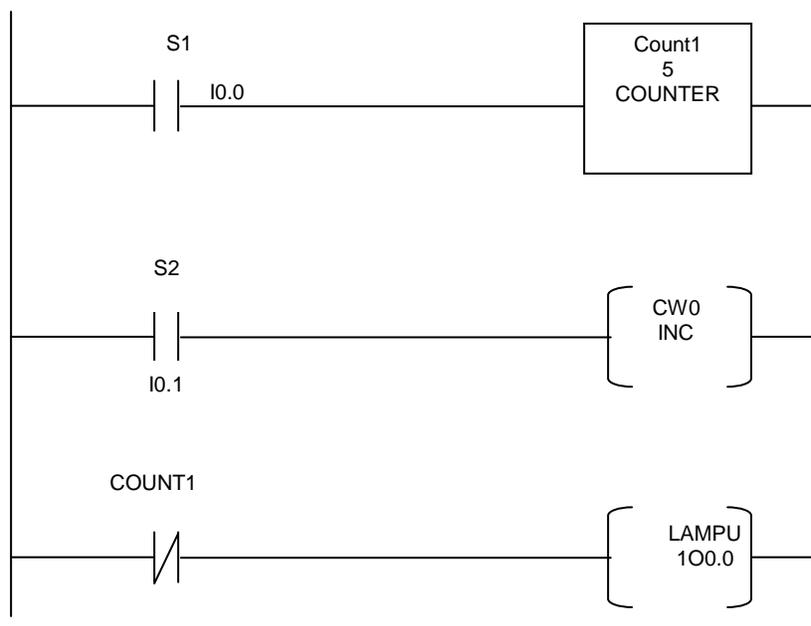
5. Download lah ladder diagram ke PLC !
6. Jalankan PLC dengan menekan tombol RUN/STOP hingga pada posisi RUN !
7. Tekanlah S1, apakah lampu1 menyala ? ya / tidak *) !
8. Apakah lampu1 menyala setelah 5 detik tombol ditekan ? ya / tidak *).

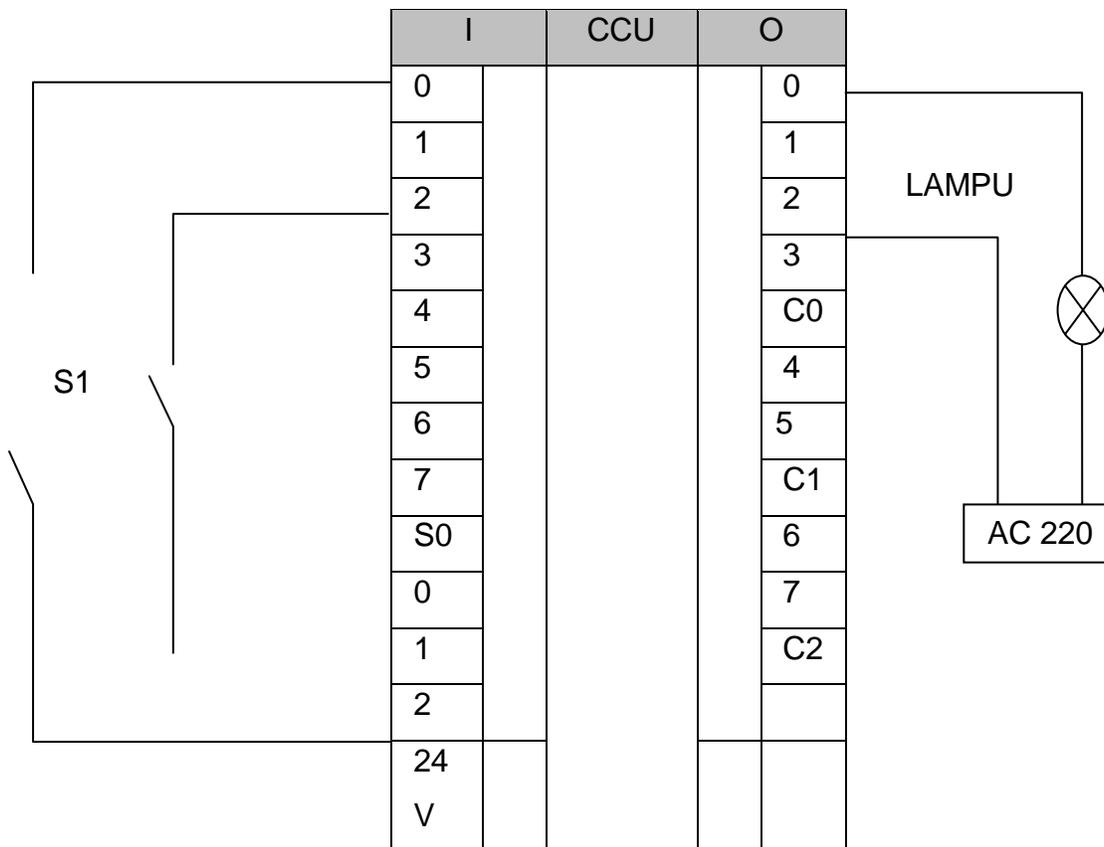
Percobaan Kedua : Counter

1. Buatlah project baru dengan nama LATIH-6 dan diskripsi COUNTER !
2. Buatlah allocation list sebagai berikut !

Absolut Op.	Symbolic Op.	Deskripsi
I0.0	S1	Saklar "ON" / "1" saat ditekan
I0.1	S2	
C0	COUNT1	ON / "1" setelah n kali
CW0	CWORD_0	Penghitung
CP0	CPRE0	Counter Preselect
O0.0	LAMPU	"ON" saat bernilai "1"

3. Buatlah ladder diagram berikut dengan komputer.
4. Rangkailah seperti gambar rangkaian berikut !





5. Download lah ladder diagram ke PLC !
6. Jalankan PLC dengan menekan tombol RUN/STOP hingga pada posisi RUN !
7. Tekanlah S1, apakah lampu menyala ? ya / tidak *) !
8. Tekanlah S2 sebanyak 5 kali, apakah lampu menyala ? ya / tidak *) !
9. Buatlah kesimpulan dari pengamatan tersebut !

Lembar Latihan

1. Sebuah unit produksi membutuhkan dua buah motor 3 phase yang berjalan berurutan dengan proses kerja sebagaimana berikut; motor satu berjalan ketika PLC (kontrol) mulai dijalankan dan 5 detik kemudian setelah tombol ditekan motor mati. Bersamaan dengan motor pertama mati motor kedua berjalan. Buatlah Allocation list dan Ladder diagram untuk kontrol motor tersebut !