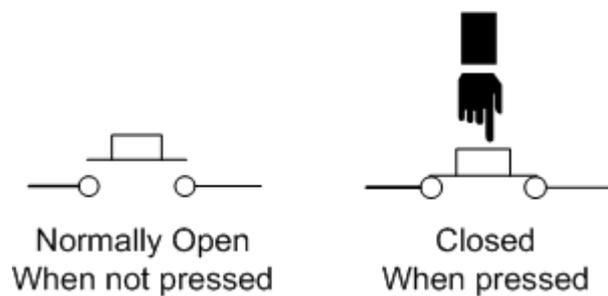


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 *Push Button*

Saklar merupakan komponen elektronika yang berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan dua titik atau lebih dalam suatu rangkaian elektronika. Salah satu jenis saklar adalah saklar *Push button* yaitu saklar yang hanya akan menghubungkan dua titik atau lebih pada saat tombolnya ditekan dan pada saat tombolnya tidak ditekan maka akan memutuskan dua titik atau lebih dalam suatu rangkaian elektronika. *Wiring* dan bentuk saklar *Push button* ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 2.1 *Wiring Push Button*



Gambar 2.2 Saklar *Push Button*

(sumber: <http://elektronika-dasar.web.id/komponen/limit-switch-dan-saklar-push-on/>)



Saklar *push button* dapat berbentuk berbagai macam, ada yang menggunakan tuas dan ada yang tanpa tuas. Saklar *push button* sering diaplikasikan pada tombol-tombol perangkat elektronik digital. Salah satu contoh penggunaan saklar push ON adalah pada keyboard komputer, keypad printer, matrik keypad, tombol kontrol pada DVD player dan lain sebagainya.

## 2.2 Sensor dan Transduser

D Sharon, dkk (1982), mengatakan sensor adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi gejala-gejala atau sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, energi mekanik dan sebagainya..

Contoh; Camera sebagai sensor penglihatan, telinga sebagai sensor pendengaran, kulit sebagai sensor peraba, LDR (*light dependent resistance*) sebagai sensor cahaya, dan lainnya.

William D.C, (1993), mengatakan transduser adalah sebuah alat yang bila digerakan oleh suatu energi di dalam sebuah sistem transmisi, akan menyalurkan energi tersebut dalam bentuk yang sama atau dalam bentuk yang berlainan ke sistem transmisi berikutnya". Transmisi energi ini bisa berupa listrik, mekanik, kimia, optic (radiasi) atau thermal (panas).

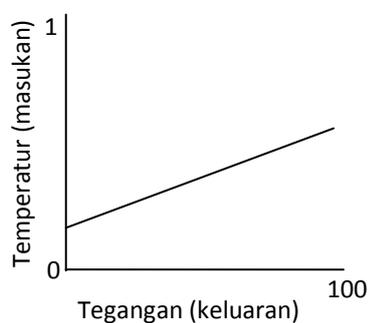
Contoh: generator adalah transduser yang merubah energi mekanik menjadi energi listrik, motor adalah transduser yang merubah energi listrik menjadi energi mekanik, dan sebagainya.

## 2.3 Peryaratan Umum Sensor dan Transduser

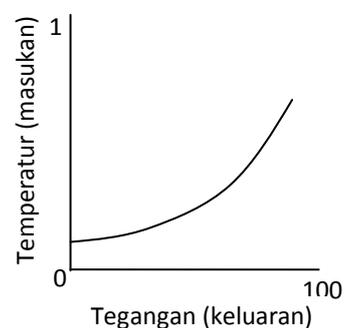
Dalam memilih peralatan sensor dan transduser yang tepat dan sesuai dengan sistem yang akan disensor maka perlu diperhatikan persyaratan umum sensor berikut ini : (D Sharon, dkk, 1982)

### a. Linearitas

Ada banyak sensor yang menghasilkan sinyal keluaran yang berubah secara kontinu sebagai tanggapan terhadap masukan yang berubah secara kontinu. Sebagai contoh, sebuah sensor panas dapat menghasilkan tegangan sesuai dengan panas yang dirasakannya. Dalam kasus seperti ini, biasanya dapat diketahui secara tepat bagaimana perubahan keluaran dibandingkan dengan masukannya berupa sebuah grafik. Gambar 2.3 memperlihatkan hubungan dari dua buah sensor panas yang berbeda. Garis lurus pada gambar 2.3(a) memperlihatkan tanggapan linier, sedangkan pada gambar 2.3(b) adalah tanggapan non-linier.



(a) Tanggapan linier



(b) Tanggapan non linier

**Gambar 2.3 Keluaran dari transduser panas**

### b. Sensitivitas

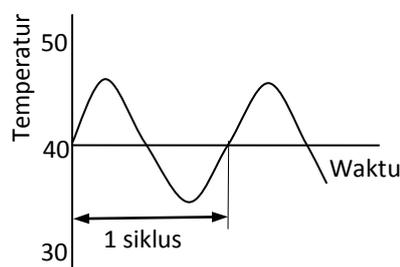
Sensitivitas akan menunjukkan seberapa jauh kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur. Sensitivitas sering juga dinyatakan dengan bilangan yang menunjukkan “perubahan keluaran dibandingkan unit perubahan masukan”. Beberapa sensor panas dapat memiliki kepekaan yang dinyatakan dengan “satu volt per derajat”, yang berarti *perubahan* satu derajat pada masukan akan menghasilkan *perubahan* satu volt pada keluarannya. Sensor panas lainnya dapat saja memiliki kepekaan “dua volt per derajat”, yang berarti memiliki kepekaan dua kali dari sensor yang pertama. Linieritas sensor juga mempengaruhi sensitivitas dari sensor. Apabila tanggapannya linier, maka sensitivitasnya juga

akan sama untuk jangkauan pengukuran keseluruhan. Sensor dengan tanggapan pada gambar 2.3(b) akan lebih peka pada temperatur yang tinggi dari pada temperatur yang rendah.

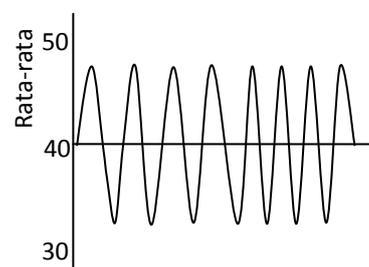
### c. Tanggapan Waktu

Tanggapan waktu pada sensor menunjukkan seberapa cepat tanggapannya terhadap perubahan masukan. Sebagai contoh, instrumen dengan tanggapan frekuensi yang jelek adalah sebuah termometer merkuri. Masukannya adalah temperatur dan keluarannya adalah posisi merkuri. Misalkan perubahan temperatur terjadi sedikit demi sedikit dan kontinyu terhadap waktu, seperti tampak pada gambar 2.4(a).

Frekuensi adalah jumlah siklus dalam satu detik dan diberikan dalam satuan hertz (Hz). [1 hertz berarti 1 siklus per detik, 1 kilohertz berarti 1000 siklus per detik]. Pada frekuensi rendah, yaitu pada saat temperatur berubah secara lambat, termometer akan mengikuti perubahan tersebut dengan “setia”. Tetapi apabila perubahan temperatur sangat cepat lihat gambar 2.4(b) maka tidak diharapkan akan melihat perubahan besar pada termometer merkuri, karena ia bersifat lamban dan hanya akan menunjukkan temperatur rata-rata.



(a) Perubahan lambat



(b) Perubahan cepat

### Gambar 2.4 Temperatur berubah secara kontinyu

Ada bermacam cara untuk menyatakan tanggapan frekuensi sebuah sensor. Misalnya “satu milivolt pada 500 hertz”. Tanggapan frekuensi dapat pula dinyatakan dengan “*decibel (db)*”, yaitu untuk membandingkan daya keluaran pada frekuensi tertentu dengan daya keluaran pada frekuensi referensi.

---

## 2.4 Klasifikasi Sensor

Secara umum berdasarkan fungsi dan penggunaannya sensor dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian yaitu:

- a. sensor thermal (panas)
- b. sensor mekanis
- c. sensor optik (cahaya)

Sensor thermal adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi gejala perubahan panas/temperature/suhu pada suatu dimensi benda atau dimensi ruang tertentu.

Contohnya: *bimetal, termistor, termokopel, RTD, photo transistor, photo dioda, photo multiplier, photovoltaik, infrared pyrometer, hygrometer, dsb.*

Sensor mekanis adalah sensor yang mendeteksi perubahan gerak mekanis, seperti perpindahan atau pergeseran atau posisi, gerak lurus dan melingkar, tekanan, aliran, level dsb.

Contoh: *strain gaoge, linear variable deferential transformer (LVDT), proximity, potensiometer, load cell, bourdon tube, dsb.*

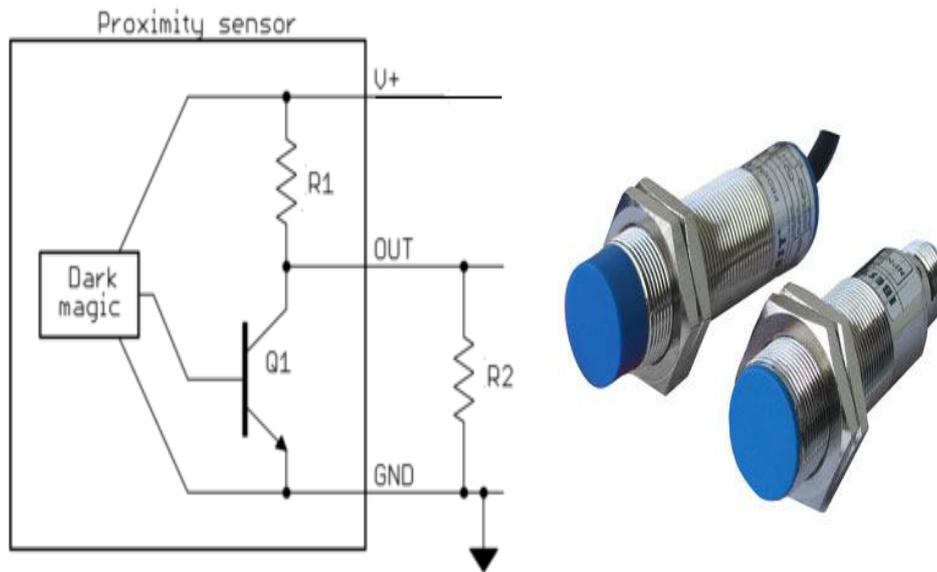
Sensor optik atau cahaya adalah sensor yang mendeteksi perubahan cahaya dari sumber cahaya, pantulan cahaya ataupun bias cahaya yang mengenai benda atau ruangan.

Contoh; *photo cell, photo transistor, photo diode, photo voltaic, photo multiplier, pyrometer optic, dsb.*

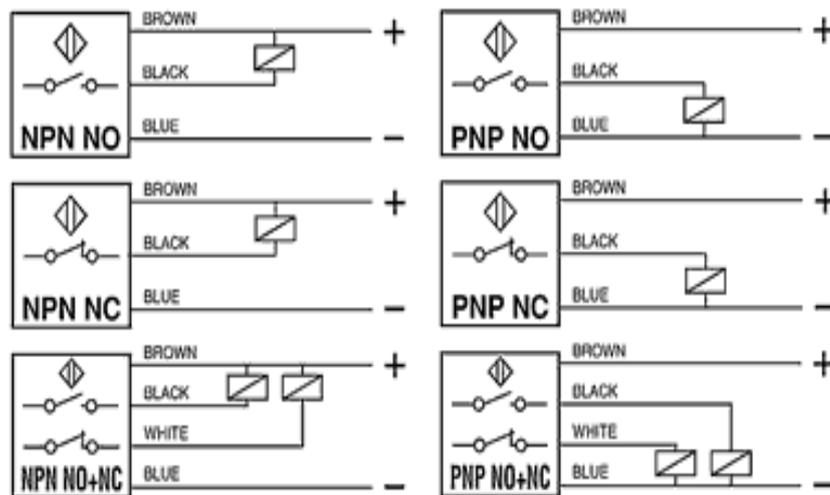
## 2.5 Sensor Proximity

Proximity Switch atau Sensor Proximity adalah alat pendeteksi yang bekerja berdasarkan jarak obyek terhadap sensor. Karakteristik dari sensor ini adalah mendeteksi obyek benda dengan jarak yang cukup dekat, berkisar antara 1 mm sampai beberapa centi meter saja sesuai type sensor yang digunakan. Proximity Switch ini mempunyai tegangan kerja antara 10-30 Vdc dan ada juga yang menggunakan tegangan 100-200VAC. Gambar 2.5 adalah merupakan wiring diagram dan bentuk fisik dari sensor proximity secara umum seperti di bawah ini.

---



Gambar 2.5 Wiring Diagram dan Bentuk fisik Sensor Proximity



Gambar 2.6 Konfigurasi kabel tipe NPN dan PNP

Dengan melihat gambar diatas kita dapat mengenali type sensor Proximity Switch ini, yaitu type NPN dan type PNP. Type inilah yang nanti bisa dikoneksikan dengan berbagai macam peralatan kontrol semi digital yang membutuhkan nilai nilai logika sebagai input untuk proses kerjanya. Beberapa jenis Proximity Switch ini hanya bisa dikoneksikan dengan perangkat PLC tergantung type dan jenisnya. Sensor ini juga bisa dikoneksikan langsung dengan



berbagai macam peralatan kontrol semi digital, dan counter relay digital adalah salah satunya.

Pada prinsipnya fungsi Proximity Switch ini dalam suatu rangkaian pengendali adalah sebagai kontrol untuk memati hidupkan suatu sistem interlock dengan bantuan peralatan semi digital untuk sistem kerja berurutan dalam rangkaian kontrol.

Secara bahasa Proximity switch berarti, Proximity artinya jarak atau kedekatan, sedangkan Switch artinya saklar jadi definisinya adalah sensor atau saklar otomatis yang mendeteksi logam berdasarkan jarak yang diperolehnya, artinya sejauh mana kedekatan object yang dideteksinya dengan sensor, sebab karakter dari sensor ini, mendeteksi object yang cukup dekat dengan satuan mili meter, umumnya sensor ini mempunyai jarak deteksi yang bermacam-macam seperti 5,7,10,12, dan 20 mm tergantung dari type sensor yang digunakan, semakin besar angka yang tercantum pada typenya, maka semakin besar pula jarak deteksinya.

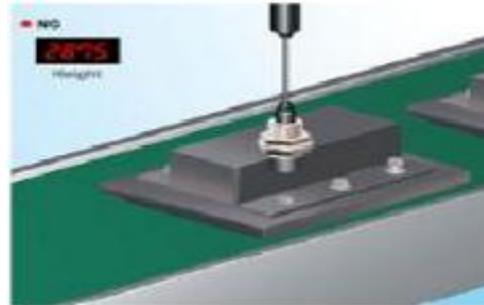
## **2.6 Prinsip kerja *Proximity Switch***

Seperti yang telah disebutkan diatas, sensor ini bekerja berdasarkan jarak object terhadap sensor, ketika ada object logam yang mendekat kepadanya dengan jarak yang sangat dekat 5 mm misalkan, maka sensor akan bekerja dan menghubungkan kontaknya, kemudian melalui kabel yang tersedia bisa dihubungkan ke perangkat lainnya seperti lampu indikator, relay dll. Pada saat sensor ini sedang bekerja atau mendeteksi adanya logam (besi) maka akan ditandai dengan lampu kecil berwarna merah atau hijau yang ada dibagian atas sensor, sehingga memudahkan kita dalam memonitor kerja sensor atau ketika melakukan preventive maintenace.

Hampir setiap mesin - mesin produksi yang ada di setiap industri baik itu industri kecil ataupun besar menggunakan sensor jenis ini sebab selain praktis sensor ini termasuk tahan terhadap benturan ataupun guncangan selain itu mudah pada saat melakukan perawatan ataupun penggantian, sebab telah dirancang demikian oleh produsennya. Adapun salah satu contoh penggunaan atau

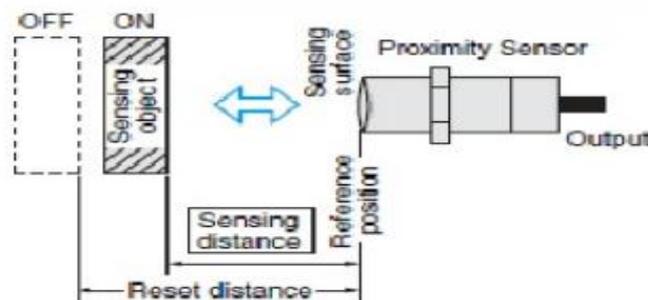
penerapan dari sensor jenis ini adalah digunakan untuk mendeteksi gerakan cylinder up atau down pada sebuah mesin atau penggerak.

**Contoh Penerapan :**



**Gambar 2.7 Prinsip kerja sensor proximity**

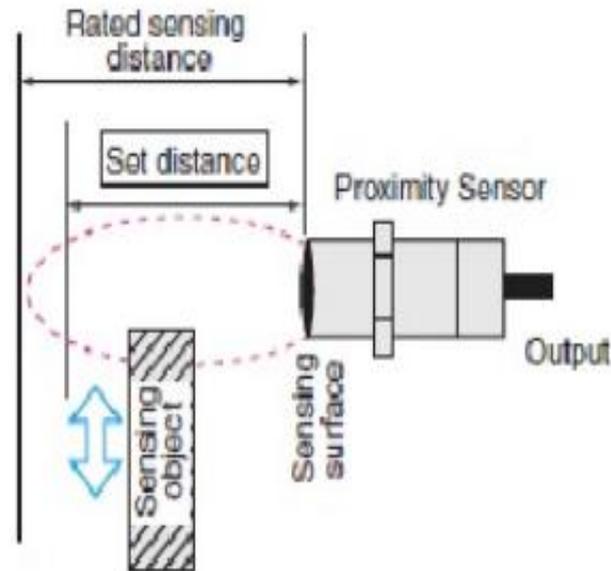
(Sumber: <http://id.scribd.com/doc/116434840/Prinsip-Kerja-Proximity-Sensor#scribd>)



**Gambar 2.8 Sensor Proximity sebelum pengukuran**

(Sumber: <http://id.scribd.com/doc/116434840/Prinsip-Kerja-Proximity-Sensor#scribd>)

Jarak dari permukaan referensi yang memungkinkan penggunaan stabil, termasuk pengaruh suhu dan tegangan, ke posisi objek (standar) sensing transit. Ini adalah sekitar 70% sampai 80% dari jarak (nilai) normal sensing.



Gambar 2.9 Jarak deteksi sensor proximity

(Sumber: <http://id.scribd.com/doc/116434840/Prinsip-Kerja-Proximity-Sensor#scribd>)

## 2.7 PLC (*Programable Logic Controller*)

PLC pertama kali diperkenalkan pada tahun 1960-an. Alasan utama perancangan PLC adalah untuk menghilangkan beban ongkos perawatan dan penggantian sistem kontrol mesin berbasis *relay*. *Bedford Associate* (Bedford, MA) mengajukan usulan yang diberi nama MODICON (kepanjangan *Modular Digital controller*) untuk perusahaan-perusahaan mobil di Amerika. Sedangkan perusahaan lain mengajukan sistem berbasis komputer (PDP-8). MODICON 084 merupakan PLC pertama didunia.

Saat kebutuhan produksi berubah maka demikian pula dengan sistem kontrol-nya. Hal ini menjadi sangat mahal jika perubahannya terlalu sering. Karena *relay* merupakan alat mekanik, maka, memiliki umur hidup atau masa penggunaan yang terbatas, yang akhirnya membutuhkan jadwal perawatan yang ketat. Pelacakan kerusakan atau kesalahan menjadi cukup membosankan jika banyak *relay* yang digunakan. Bayangkankn saja sebuah panel kontrol yang



dilengkapi dengan monitor ratusan hingga ribuan *relay* yang terkandung pada sistem kontrol tersebut. Bagaimana kompleks-nya melakukan pengkabelan pada *relay-relay* tersebut. Dengan demikian, pengontrol baru ini harus memudahkan para teknisi perawatan dan teknisi lapangan melakukan pemrograman. Umur alat harus menjadi lebih panjang dan program proses dapat dimodifikasi atau dirubah dengan lebih mudah, Serta harus mampu bertahan dalam lingkungan industri yang keras.

Pada pertengahan tahun 1970-an, teknologi PLC yang dominan adalah *sekuenser* mesin-kondisi dan CPU berbasis *bit-slice*. Prosesor AMD 2901 dan 2903 cukup populer digunakan dalam MODICON dan PLC A-B. Mikroprosesor konvensional kekurangan daya dalam menyelesaikan secara cepat logika PLC untuk semua PLC, kecuali PLC kecil. Setelah mikroprosesor konvensional mengalami perbaikan dan pengembangan, PLC yang besar-besar mulai banyak menggunakan-nya. Bagaimanapun juga, hingga saat ini ada yang masih berbasis pada AMD 2903. Kemampuan komunikasi pada PLC mulai muncul pada awal-awal tahun 1973. Sistem yang pertama adalah Modbus-nya MODICON. Dengan demikian PLC bisa berkomunikasi dengan PLC lain dan bisa ditempatkan lebih jauh dari lokasi mesin sesungguhnya yang dikontrol. Sayangnya, kurangnya standarisasi mengakibatkan komunikasi PLC menjadi mimpi buruk untuk protokol-protokol dan jaringa-jaringan yang tidak kompatibel. Tetapi bagaimanapun juga, saat itu merupakan tahun yang hebat untuk PLC.

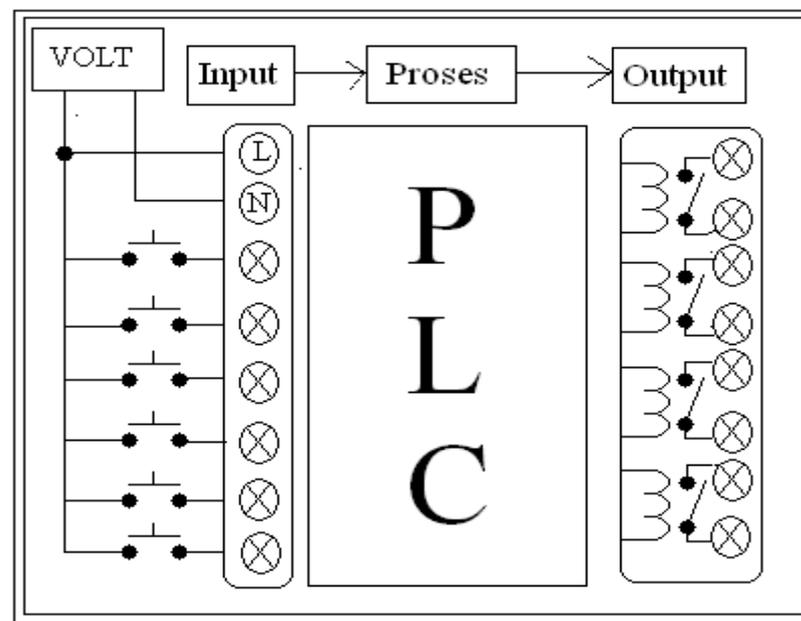
Pada tahun 1980-an dilakukan usaha untuk menstandarisasi komunikasi dengan protokol otomasi pabrik milik General Motor (*General Motor's Manufacturing Automation Protocol* (MAP)). Juga merupakan waktu untuk memperkecil ukuran PLC dan pembuatan perangkat lunak pemrograman melalui pemrograman simbolik dengan komputer PC daripada terminal pemrogram atau penggunaan pemrogram genggam (*handled programmer*). Sekarang PLC terkecil seukuran dengan sebuah kontrol *relay* tunggal tahun 1990- dilakukan reduksi protokol baru dan modernisasi lapisan fisik dari protokol-protokol populer yang bertahan pada tahun 1980-an. Standar terakhir (IEC 1131-3).

---

Seiring perkembangan teknologi *solid state*, saat ini PLC telah mengalami perkembangan luar biasa, baik dari ukuran, kepadatan komponen serta dari segi fungsionalnya. Beberapa peningkatan perangkat keras dan perangkat lunak ini di antaranya adalah:

1. Ukuran semakin kecil dan kompak.
2. Jumlah *input output* yang semakin banyak dan padat
3. Waktu eksekusi program yang semakin cepat.
4. Pemrograman relatif semakin mudah. Hal ini terkait dengan perangkat lunak pemrograman yang semakin *user friendly*
5. Memiliki kemampuan komunikasi dan sistem dokumentasi yang semakin baik.
6. Jenis instruksi/fungsi semakin banyak dan lengkap

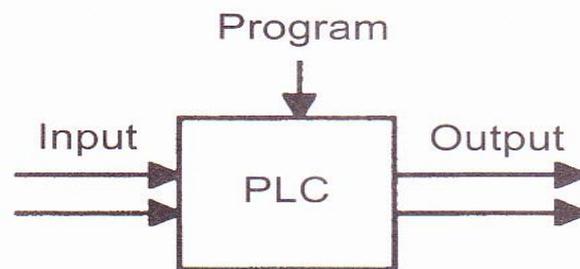
## 2.8 Pengertian PLC



**Gambar 2.10 Wiring Diagram PLC**

*Programmable logic controller* singkatnya PLC merupakan suatu bentuk khusus pengontrol berbasis-mikroprosesor yang memanfaatkan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi dan untuk mengimplementasikan fungsi-fungsi semisal logika, *sequencing*, pewaktuan

(*timing*), pencacahan (*counting*) dan aritmatika guna mengontrol mesin-mesin dan proses-proses (Gambar 2.11) dan dirancang untuk dioperasikan oleh para insinyur yang hanya memiliki sedikit pengetahuan mengenai komputer dan bahasa pemrograman.



**Gambar 2.11 Sebuah PLC**

**(Sumber: Bolton, William. 2004. “Programmable Logic Controller (PLC) Sebuah Pengantar”. Edisi Ketiga. Penerbit Erlangga)**

Piranti ini dirancang sedemikian rupa agar tidak hanya para programmer komputer saja yang dapat membuat atau mengubah program-programnya. Oleh karena itu, para perancang PLC telah menempatkan sebuah program awal di dalam piranti ini (*pre-program*) yang memungkinkan program-program kontrol dimasukkan dengan menggunakan suatu bentuk bahasa pemrograman yang sederhana dan intuitif. Istilah logika (*logic*) dipergunakan karena pemrograman yang harus dilakukan sebagian besar berkaitan dengan pengimplementasian operasi-operasi logika dan penyambungan (*switching*), misalnya jika A atau B terjadi maka sambungkan (atau hidupkan) C, jika A dan B terjadi maka sambungkan D. Perangkat-perangkat input yaitu sensor-sensor semisal saklar, dan perangkat-perangkat output di dalam sistem dikontrol, misalnya motor, katup dsb. Disambungkan ke PLC sang operator kemudian memasukkan serangkaian instruksi yaitu sebuah program ke dalam memori PLC. Perangkat pengontrol tersebut kemudian memantau input-input dan output-output sesuai dengan instruksi-instruksi di dalam program dan melaksanakan aturan-aturan kontrol yang telah diprogramkan.



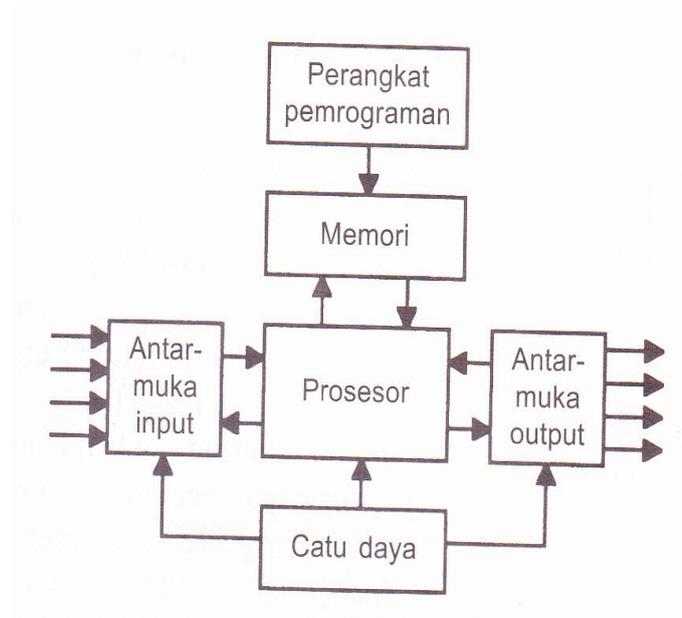
PLC memiliki keunggulan yang signifikan, karena sebuah perangkat pengontrol yang sama dapat dipergunakan di dalam beraneka ragam sistem kontrol. Untuk memodifikasi sebuah sistem kontrol dan aturan-aturan pengontrolan yang dijalankannya, yang harus dilakukan oleh seorang operator hanyalah melakukan seperangkat instruksi yang berbeda dari yang digunakan sebelumnya. Penggantian rangkaian kontrol tidak perlu dilakukan. Hasilnya adalah sebuah perangkat yang fleksibel dan hemat biaya yang dapat dipergunakan dalam sistem-sistem kontrol yang sifat dan kompleksitasnya sangat beragam.

PLC serupa dengan komputer namun, bedanya: komputer dioptimalkan untuk tugas-tugas penghitung dan penyajian data, sedangkan PLC dioptimalkan untuk tugas-tugas pengontrolan dan pengoperasian di dalam lingkungan industri. Dengan demikian PLC memiliki karakteristik:

1. Kokoh dan dirancang untuk tahan terhadap getaran, suhu, kelembaban dan kebisingan.
2. Antarmuka untuk input dan output telah tersedia secara built-in di dalamnya.
3. Mudah diprogram dan menggunakan sebuah bahasa pemrograman yang mudah dipahami, yang sebagian besar berkaitan dengan operasi-operasi logika dan penyambungan.

Perangkat PLC pertama dikembangkan pada tahun 1969. Dewasa ini PLC secara luas digunakan dan telah dikembangkan dari unit-unit kecil yang berdiri sendiri (*self-contained*) yang hanya mampu menangani sekitar 20 input/output menjadi sistem-sistem modular yang dapat menangani input/output dalam jumlah besar, menangani input/output analog maupun digital, dan melaksanakan mode-mode kontrol proporsional-integral-derivatif.

---



**Gambar 2.12 Sistem PLC**

**(Sumber: Bolton, William. 2004. “Programmable Logic Controller (PLC) Sebuah Pengantar”. Edisi Ketiga. Penerbit Erlangga)**

*Programmable Logic Controllers* (PLC) adalah komputer elektronik yang mudah digunakan dan memiliki fungsi kendali untuk berbagai tipe dan tingkat kesulitan yang beraneka ragam.

Definisi *Programmable Logic Controller* menurut Capiel (1982) adalah :

Sistem elektronik yang beroperasi secara digital dan didesain untuk pemakaian di lingkungan industri, dimana sistem ini menggunakan memori yang dapat diprogram untuk penyimpanan secara internal instruksi-instruksi yang mengimplementasikan fungsi-fungsi spesifik seperti logika, urutan, perwaktuan, pencacahan dan operasi aritmatik untuk mengontrol mesin atau proses melalui modul-modul I/O digital maupun analog .

Berdasarkan namanya, konsep PLC adalah sebagai berikut :

#### 1. *Programmable*

menunjukkan kemampuan dalam hal memori untuk menyimpan program yang telah dibuat yang dengan mudah diubah-ubah fungsi atau kegunaannya.



## 2. Logic

menunjukkan kemampuan dalam memproses input secara aritmatik dan *logic* yakni melakukan operasi membandingkan, menjumlahkan, mengalikan, membagi, mengurangi, negasi, AND, OR, dan lain sebagainya.

## 3. Controller

menunjukkan kemampuan dalam mengontrol dan mengatur proses sehingga menghasilkan output yang diinginkan.

PLC ini dirancang untuk menggantikan suatu rangkaian *relay* sequensial dalam suatu sistem kontrol. Selain dapat diprogram, alat ini juga dapat dikendalikan, dan dioperasikan oleh orang yang tidak memiliki pengetahuan di bidang pengoperasian komputer secara khusus. PLC ini memiliki bahasa pemrograman yang mudah dipahami dan dapat dioperasikan bila program yang telah dibuat dengan menggunakan *software* yang sesuai dengan jenis PLC yang digunakan sudah dimasukkan.

Alat ini bekerja berdasarkan input-input yang ada dan tergantung dari keadaan pada suatu waktu tertentu yang kemudian akan meng-ON atau meng-OFF kan output-output. 1 menunjukkan bahwa keadaan yang diharapkan terpenuhi sedangkan 0 berarti keadaan yang diharapkan tidak terpenuhi. PLC juga dapat diterapkan untuk pengendalian sistem yang memiliki output banyak.

## 2.9 Fungsi PLC

Fungsi dan kegunaan PLC sangat luas. Dalam prakteknya PLC dapat dibagi secara umum dan secara khusus .

Secara umum fungsi PLC adalah sebagai berikut:

### 1. *Sekuensial Control*

PLC memproses input sinyal biner menjadi output yang digunakan untuk keperluan pemrosesan teknik secara berurutan , disini PLC menjaga agar semua langkah dalam proses berlangsung dalam urutan yang tepat.

### 2. *Monitoring Plant*

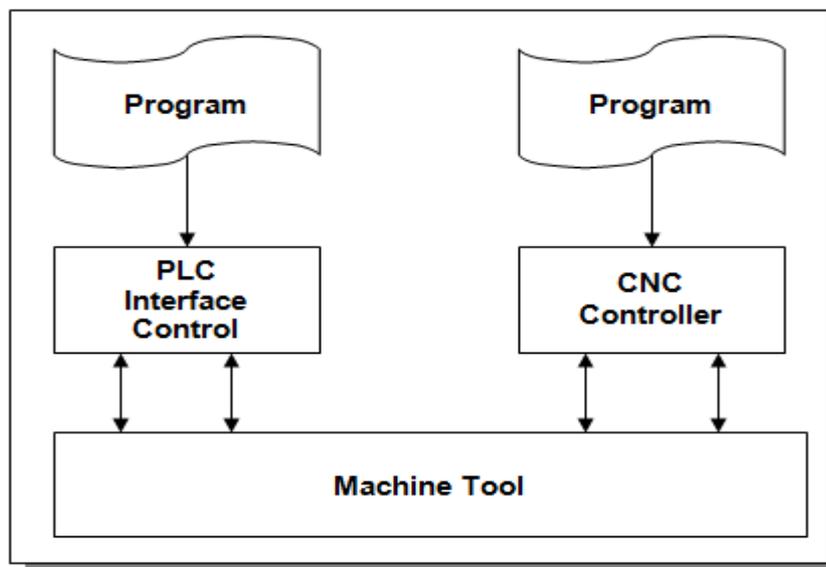
PLC secara terus menerus memonitor status suatu sistem (misalnya temperatur, tekanan, tingkat ketinggian) dan mengambil tindakan yang diperlukan

sehubungan dengan proses yang dikontrol (misalnya nilai sudah melebihi batas) atau menampilkan pesan tersebut pada operator.

Sedangkan fungsi PLC secara khusus adalah dapat memberikan input ke CNC (Computerized Numerical Control). 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 sebagainya.

### 2.10 Prinsip Kerja PLC

Prinsip kerja sebuah PLC adalah menerima sinyal masukan proses yang dikendalikan lalu melakukan serangkaian instruksi logika terhadap sinyal masukan tersebut sesuai dengan program yang tersimpan dalam memori lalu menghasilkan sinyal keluaran untuk mengendalikan aktuator atau peralatan lainnya.



Gambar 2.13 Blok diagram prinsip kerja PLC



---

## 2.11 Keuntungan dan Kerugian PLC

Dalam industri-industri yang ada sekarang ini, kehadiran PLC sangat dibutuhkan terutama untuk menggantikan sistem wiring atau pengkabelan yang sebelumnya masih digunakan dalam mengendalikan suatu sistem. Dengan menggunakan PLC akan diperoleh banyak keuntungan diantaranya adalah sebagai berikut:

### 1. Fleksibel

Pada masa lalu, tiap perangkat elektronik yang berbeda dikendalikan dengan pengendalinya masing-masing. Misal sepuluh mesin membutuhkan sepuluh pengendali, tetapi kini hanya dengan satu PLC kesepuluh mesin tersebut dapat dijalankan dengan programnya masing-masing.

### 2. Perubahan dan pengkoreksian kesalahan sistem lebih mudah

Bila salah satu sistem akan diubah atau dikoreksi maka pengubahannya hanya dilakukan pada program yang terdapat di komputer, dalam waktu yang relatif singkat, setelah itu didownload ke PLC-nya. Apabila tidak menggunakan PLC, misalnya *relay* maka perubahannya dilakukan dengan cara mengubah pengkabelannya. Cara ini tentunya memakan waktu yang lama.

### 3. Jumlah kontak yang banyak

Jumlah kontak yang dimiliki oleh PLC pada masing-masing coil lebih banyak daripada kontak yang dimiliki oleh sebuah *relay*.

### 4. Harganya lebih murah

PLC mampu menyederhanakan banyak pengkabelan dibandingkan dengan sebuah *relay*. Maka harga dari sebuah PLC lebih murah dibandingkan dengan harga beberapa buah *relay* yang mampu melakukan pengkabelan dengan jumlah yang sama dengan sebuah PLC. PLC mencakup *relay*, *timers*, *counters*, *sequencers*, dan berbagai fungsi lainnya.

Selain keuntungan yang telah disebutkan di atas maka ada kerugian yang dimiliki oleh PLC, yaitu:

### 1. Teknologi yang masih baru

Pengubahan sistem kontrol lama yang menggunakan *ladder* atau *relay* ke konsep komputer PLC merupakan hal yang sulit bagi sebagian orang

---

## 2. Buruk untuk aplikasi program yang tetap

Beberapa aplikasi merupakan aplikasi dengan satu fungsi. Sedangkan PLC dapat mencakup beberapa fungsi sekaligus. Pada aplikasi dengan satu fungsi jarang sekali dilakukan perubahan bahkan tidak sama sekali, sehingga penggunaan PLC pada aplikasi dengan satu fungsi akan memboroskan (biaya).

## 3. Pertimbangan lingkungan

Dalam suatu pemrosesan, lingkungan mungkin mengalami pemanasan yang tinggi, vibrasi yang kontak langsung dengan alat-alat elektronik di dalam PLC dan hal ini bila terjadi terus menerus, mengganggu kinerja PLC sehingga tidak berfungsi optimal.

## 2.12 Bagian-Bagian PLC

Sistem PLC terdiri dari lima bagian pokok, yaitu:

### 1. *Central processing unit (CPU)*.

Bagian ini merupakan otak atau jantung PLC, karena bagian ini merupakan bagian yang melakukan operasi / pemrosesan program yang tersimpan dalam PLC. Disamping itu CPU juga melakukan pengawasan atas semua operasional kerja PLC, transfer informasi melalui *internal bus* antara PLC, memori dan unit I/O.

Bagian CPU ini antara lain adalah :

- a. *Power Supply, power supply* mengubah suplai masukan listrik menjadi suplai listrik yang sesuai dengan CPU dan seluruh komputer.
  - b. *Alterable Memory*, terdiri dari banyak bagian, intinya bagian ini berupa *chip* yang isinya di letakkan pada *chip* RAM (*Random Access Memory*), tetapi isinya dapat diubah dan dihapus oleh pengguna / pemrogram. Bila tidak ada suplai listrik ke CPU maka isinya akan hilang, oleh sebab itu bagian ini disebut bersifat *volatile*, tetapi ada juga bagian yang tidak bersifat *volatile*.
  - c. *Fixed Memory*, berisi program yang sudah diset oleh pembuat PLC, dibuat dalam bentuk *chip* khusus yang dinamakan ROM (*Read Only Memory*), dan tidak dapat diubah atau dihapus selama operasi CPU, karena itu bagian ini sering
-

dinamakan memori *non-volatile* yang tidak akan terhapus isinya walaupun tidak ada listrik yang masuk ke dalam CPU. Selain itu dapat juga ditambahkan modul EEPROM atau *Electrically Erasable Programmable Read Only Memory* yang ditujukan untuk *back up* program utama RAM prosesor sehingga prosesor dapat diprogram untuk meload program EEPROM ke RAM jika program di RAM hilang atau rusak [6].

d. *Processor*, adalah bagian yang mengontrol supaya informasi tetap jalan dari bagian yang satu ke bagian yang lain, bagian ini berisi rangkaian *clock*, sehingga masing-masing *transfer* informasi ke tempat lain tepat sampai pada waktunya.

e. *Battery Backup*, umumnya CPU memiliki bagian ini. Bagian ini berfungsi menjaga agar tidak ada kehilangan program yang telah dimasukkan ke dalam RAM PLC jika catu daya ke PLC tiba-tiba terputus.

## 2. Programmer / monitor (PM).

Pemrograman dilakukan melalui keyboard sehingga alat ini dinamakan Programmer. Dengan adanya Monitor maka dapat dilihat apa yang diketik atau proses yang sedang dijalankan oleh PLC. Bentuk PM ini ada yang besar seperti PC, ada juga yang berukuran kecil yaitu hand-held programmer dengan jendela tampilan yang kecil, dan ada juga yang berbentuk laptop. PM dihubungkan dengan CPU melalui kabel. Setelah CPU selesai diprogram maka PM tidak dipergunakan lagi untuk operasi proses PLC, sehingga bagian ini hanya dibutuhkan satu buah untuk banyak CPU.

## 3. Modul *input / output* (I/O).

Input merupakan bagian yang menerima sinyal elektrik dari sensor atau komponen lain dan sinyal itu dialirkan ke PLC untuk diproses. Ada banyak jenis modul input yang dapat dipilih dan jenisnya tergantung dari input yang akan digunakan. Jika input adalah *limit switches* dan *push button* dapat dipilih kartu input DC. Modul input analog adalah kartu input khusus yang menggunakan ADC (*Analog to Digital Conversion*) dimana kartu ini digunakan untuk input yang berupa variable seperti temperatur, kecepatan, tekanan dan posisi. Pada umumnya ada 8-32 *input point* setiap modul inputnya. Setiap point akan ditandai sebagai alamat yang unik oleh prosesor.

*Output* adalah bagian PLC yang menyalurkan sinyal elektrik hasil pemrosesan PLC ke peralatan output. Besaran informasi / sinyal elektrik itu dinyatakan dengan tegangan listrik antara 5 – 15 volt DC dengan informasi diluar sistem tegangan yang bervariasi antara 24 – 240 volt DC maupun AC. Kartu output biasanya mempunyai 6-32 *output point* dalam sebuah *single module*. Kartu *output analog* adalah tipe khusus dari modul output yang menggunakan DAC (*Digital to Analog Conversion*). Modul output analog dapat mengambil nilai dalam 12 bit dan mengubahnya ke dalam sinyal analog. Biasanya sinyal ini 0-10 volts DC atau 4-20 mA. Sinyal Analog biasanya digunakan pada peralatan seperti motor yang mengoperasikan katup dan *pneumatic position control devices*.

Bila dibutuhkan, suatu sistem elektronik dapat ditambahkan untuk menghubungkan modul ini ke tempat yang jauh. Proses operasi sebenarnya di bawah kendali PLC mungkin saja jaraknya jauh, dapat saja ribuan meter.

#### 4. Printer.

Alat ini memungkinkan program pada CPU dapat di *printout* atau dicetak. Informasi yang mungkin dicetak adalah diagram *ladder*, status *register*, status dan daftar dari kondisi-kondisi yang sedang dijalankan, *timing* diagram dari kontak, *timing* diagram dari *register*, dan lain-lain.

#### 5. The Program Recorder / Player.

Alat ini digunakan untuk menyimpan program dalam CPU. Pada PLC yang lama digunakan *tape*, sistem *floppy* disk. Sekarang ini PLC semakin berkembang dengan adanya *hard disk* yang digunakan untuk pemrograman dan perekaman. Program yang telah direkam ini nantinya akan direkam kembali ke dalam CPU apabila program aslinya hilang atau mengalami kesalahan.

Untuk operasi yang besar, kemungkinan lain adalah menghubungkan CPU dengan komputer utama (master computer) yang biasanya digunakan pada pabrik besar atau proses yang mengkoordinasi banyak Sistem PLC .

### 2.13 Konsep Perancangan Sistem Kendali dengan PLC

Dalam merancang suatu sistem kendali dibutuhkan pendekatan-pendekatan sistematis dengan prosedur sebagai berikut :



### 1. Rancangan Sistem Kendali

Dalam tahapan ini si perancang harus menentukan terlebih dahulu sistem apa yang akan dikendalikan dan proses bagaimana yang akan ditempuh. Sistem yang dikendalikan dapat berupa peralatan mesin ataupun proses yang terintegrasi yang sering secara umum disebut dengan *controlled system*.

### 2. Penentuan I/O

Pada tahap ini semua piranti masukan dan keluaran eksternal yang akan dihubungkan PLC harus ditentukan. Piranti masukan dapat berupa saklar, sensor, *valve* dan lain-lain sedangkan piranti keluaran dapat berupa *solenoid* katup elektromagnetik dan lain-lain.

### 3. Perancangan Program (Program Design)

Setelah ditentukan input dan output maka dilanjutkan dengan proses merancang program dalam bentuk *ladder* diagram dengan mengikuti aturan dan urutan operasi sistem kendali.

### 4. Pemrograman (*Programming*)

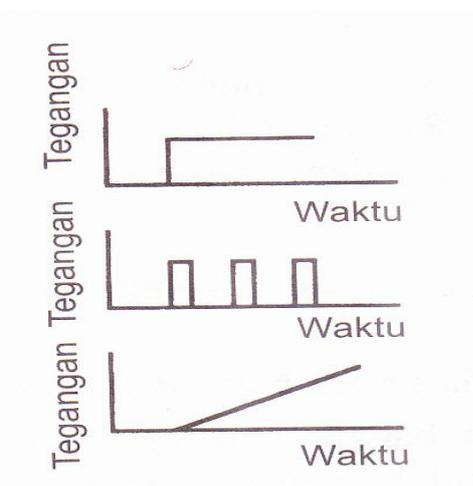
### 5. Menjalankan Sistem (*Run The System*)

## 2.14 Hardware PLC

Umumnya, sebuah sistem PLC memiliki lima komponen dasar. Komponen-komponen ini adalah unit prosesor, memori, unit catu daya, bagian antarmuka input/output dan perangkat pemrograman.

1. *Unit prosesor* atau *central processing unit* (unit pengolahan pusat) (*CPU*) adalah unit yang berisi mikroprosesor yang menginterpretasikan sinyal-sinyal input dan melaksanakan tindakan-tindakan pengontrolan, sesuai dengan program yang tersimpan di dalam memori, lalu mengkomunikasikan keputusan-keputusan yang diambilnya sebagai sinyal-sinyal kontrol ke antarmuka output.
  2. *Unit catu daya* diperlukan untuk mengkonversikan tegangan AC sumber menjadi tegangan DC (5V) yang dibutuhkan oleh prosesor dan rangkaian-rangkaian di dalam modul-modul antarmuka input dan output.
-

3. *Perangkat pemrograman* dipergunakan untuk memasukkan program yang dibutuhkan ke dalam memori. Program tersebut dibuat dengan menggunakan perangkat ini dan kemudian dipindahkan ke dalam unit memori PLC.
4. *Unit memori* adalah tempat di mana program yang digunakan untuk melaksanakan tindakan-tindakan pengontrolan oleh mikroprosesor disimpan.
5. Bagian input dan output adalah antarmuka di mana prosesor menerima informasi dari dan mengkomunikasikan informasi kontrol ke perangkat-perangkat eksternal. Sinyal-sinyal input, oleh karenanya dapat berasal dari saklar-saklar, Sinyal-sinyal output mungkin diberikan pada kumparan-kumparan starter motor, katup-katup solenoida dll. Perangkat-perangkat input dan output dapat digolongkan menjadi perangkat-perangkat yang menghasilkan sinyal-sinyal diskrit atau digital, dan yang menghasilkan sinyal-sinyal analog (Gambar 2.14).



**Gambar 2.14 Sinyal Diskrit, Digital dan Analog**

**(Sumber: Bolton, William. 2004. “Programmable Logic Controller (PLC) Sebuah Pengantar”. Edisi Ketiga. Penerbit Erlangga)**

Perangkat-perangkat yang menghasilkan sinyal-sinyal diskrit atau sinyal-sinyal digital adalah perangkat-perangkat yang hanya mengindikasikan kondisi ‘mati’ (*off*) atau ‘hidup’ (*on*). Sehingga saklar adalah sebuah perangkat yang menghasilkan sinyal diskrit, yaitu ada tegangan atau tidak ada tegangan.

Perangkat-perangkat *digital* pada dasarnya dapat dipandang sebagai perangkat-perangkat diskrit yang menghasilkan serangkaian sinyal ‘mati’-‘hidup’. Perangkat-perangkat analog menghasilkan sinyal-sinyal yang amplitudonya sebanding dengan nilai variabel yang dipantau. Sebagai contoh, sensor suhu akan menghasilkan tegangan yang nilainya sebanding dengan suhu.<sup>49</sup>

### 2.15 Ladder Diagram

Logika tangga (*Ladder logic*) adalah bahasa pemrograman yang dipakai untuk menggambarkan secara grafis diagram rangkaian elektronika dan perangkat keras komputer berdasarkan logika berbasis-*relay* yang banyak dijumpai pada aplikasi Programmable Logic Controllers (PLC) dan kendali industri. Sesuai dengan namanya, program ini menggunakan gambar anak tangga yang terdiri dari garis-garis tegak dan garis mendatar untuk menyajikan fungsi logika rangkaiannya.

Dalam PLC, terdapat beberapa instruksi fungsi yang dapat kita gunakan untuk membantu kita dalam membuat suatu program, antara lain :

#### 1. Bit Logic

Instruksi Bit *Logic* bekerja dengan dua keadaan, yaitu “1” atau “0”. *Logic* “1” menandakan aktif dan *logic* “0” menandakan tidak aktif. Berikut ini macam-macam fungsi umum instruksi bit *logic* :

##### a. Normally Open Contact

Instruksi *normally open* digunakan apabila kita ingin memasukkan input yang keadaan normalnya adalah terbuka.

#### Simbol

--| |--

**Gambar 2.15 Ladder Diagram Normally Open**

Penggunaan *Normally Open Contact* harus disertai dengan *address* sesuai dengan tipe plc yang digunakan. *Address* bertujuan untuk memberikan perintah sebagai input atau set *Output Coil*.

##### b. Normally Closed Contact

Instruksi *normally close* digunakan apabila kita ingin memasukkan input yang keadaan normalnya adalah tertutup.

### Simbol

--| / |--

**Gambar 2.16 Ladder Diagram Normally Close**

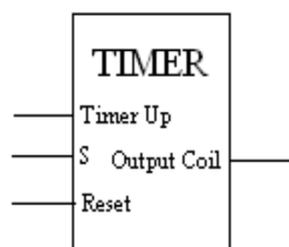
Penggunaan *Normally close Contact* harus disertai dengan *address* sesuai dengan tipe plc yang digunakan. *Address* bertujuan untuk memberikan perintah sebagai input atau set *Output Coil*

## 2. Perintah *Timer*

*Timer* merupakan instruksi yang berfungsi memberikan waktu tunda (*delay*). Dengan adanya *timer*, kita dapat mengatur kapan suatu *output* harus aktif setelah kita berikan *input*. Selain itu kita juga dapat mengatur seberapa lama *output* tersebut harus aktif. Berdasarkan cara kerjanya, *timer* dibagi dalam beberapa macam, antara lain :

### a. *Timer Up*

*Timer Up* merupakan perintah untuk menunda ketika waktu yang di tunda telah sampai maka *timer* akan aktif. dengan catatan pada saat waktu berjalan *timer* keadaan *LOW* atau dalam bahasa *logic* '0' ketika waktu sampai maka *timer* akan aktif *HIGH* atau *Logic* '1'. di bawah ini merupakan contoh gambar perintah dari *timer Up*

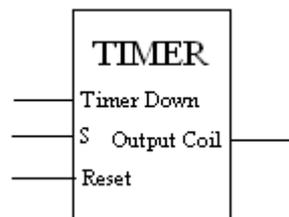


**Gambar 2.17 Ladder Diagram perintah *Timer Up***

### b. *Timer Down*

*Timer Down* merupakan kebalikan dari *timer Up* *timer* ini akan berlogic 1 atau *HIGH* saat waktu berjalan dan apabila waktu telah sampai batasnya maka

keadaan timer akan low atau logic '0' dibawah ini merupakan contoh perintah *timer down*



**Gambar 2.18 Ladder Diagram perintah *Timer Down***

### 3. Perintah *counter*

*Counter* merupakan rangkaian logika pengurut, karena *counter* membutuhkan karakteristik memori, dan pewaktu memegang peranan yang penting. *Counter* dalam PLC bekerja seperti halnya *Counter* mekanik atau elektronik yang mana membandingkan nilai yang kumparan dengan nilai setting hasil perbandingan digunakan sebagai acuan keluran

*Counter* terdiri dari dua elemen dasar yaitu kumparan relay untuk menghitung pulsa-pulsa input dan kumparan relay untuk membalikan *counter* ke posisi awalnya (*reset*), sedangkan kontak-kontak yang diasosiasikan dengan *counter* berada pada anak tangga lainnya

Di dalam penggunaan counter, terdapat 2 jenis counter yang sering digunakan yaitu :

#### 1. *Counter Up*

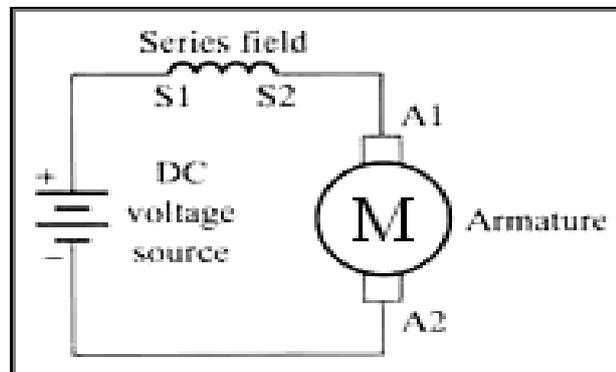
*Counter Up* adalah serangkaian *flip-flop* yang dihubungkan secara seri dengan cara *output flip-flop* yang pertama menjadi *input flip-flop* berikutnya. Pulsa dari *clock* menjadi *input* untuk *flip-flop* yang pertama dan akan menyebabkan perubahan pada kondisi *output* untuk saat yang di kehendaki. *Counter Up* ini berfungsi untuk menghitung secara maju.

#### 2. *Counter Down*

*Counter Down* adalah serangkaian *flip-flop* yang dihubungkan secara seri dengan cara *output flip-flop* yang pertama menjadi *input flip-flop* berikutnya.

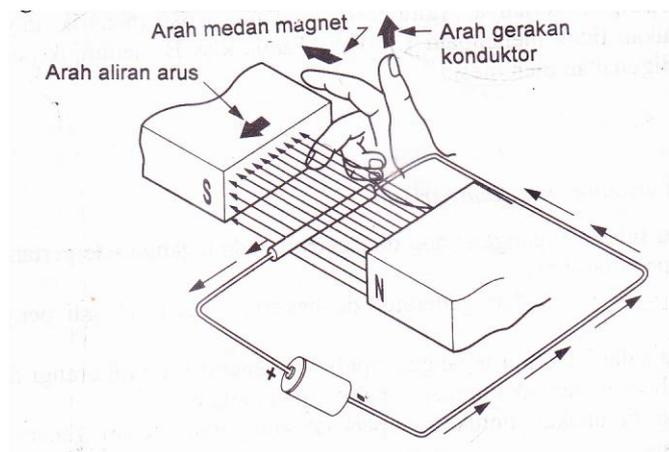
Pulsa dari *clock* menjadi *input* untuk *flip-flop* yang pertama dan akan menyebabkan perubahan pada kondisi *output* untuk saat yang di kehendaki.

## 2.16 Motor DC



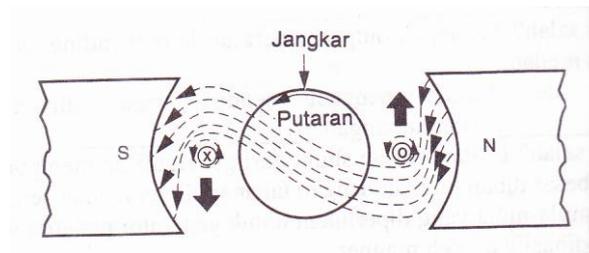
**Gambar 2.19** Wiring Diagram Motor DC

Lebih dari 50 % listrik yang diproduksi digunakan untuk memberi daya motor. Motor digunakan untuk memutar roda-roda industri.



**Gambar 2.20** Hukum tangan kanan motor

(Sumber: PETRUZELLA, FRANK D. 2001. "Elektronik Industri". Edisi Kedua. Penerbit Andi Yogyakarta.)

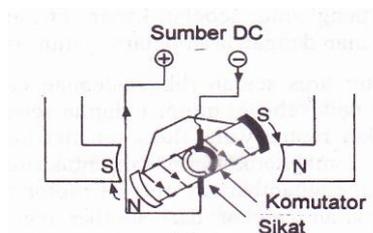


**Gambar 2.21 Prinsip motor**

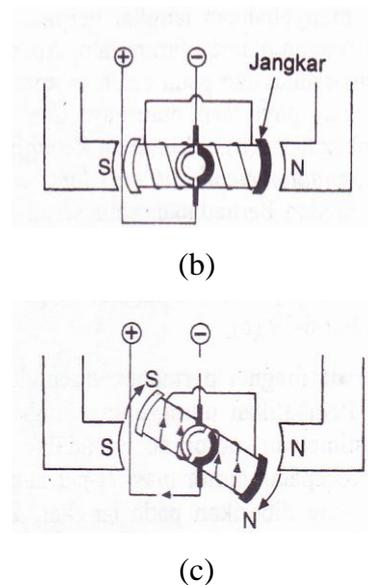
**(Sumber: PETRUZELLA, FRANK D. 2001. “Elektronik Industri”.Edisi Kedua. Penerbit Andi Yogyakarta.)**

Motor Listrik menggunakan energi listrik dan energi magnet untuk menghasilkan energi mekanis. Operasi motor tergantung pada interaksi dua medan magnet. Secara sederhana dikatakan bahwa motor listrik bekerja dengan prinsip bahwa dua medan magnet dapat dibuat berinteraksi untuk menghasilkan gerakan. Tujuan motor adalah untuk menghasilkan gaya yang menggerakkan (torsi).

Motor arus searah jarang digunakan pada aplikasi industri umum karena semua sistem utiliti listrik dilengkapi dengan perkakas arus bolak-balik. Meskipun demikian, untuk aplikasi khusus, adalah menguntungkan jika mengubah arus bolak-balik menjadi arus searah dengan menggunakan motor DC. Motor arus searah digunakan dimana kontrol torsi dan kecepatan dengan rentang yang lebar diperlukan untuk memenuhi kebutuhan aplikasi. Meskipun demikian, susunan sikat-komutator menimbulkan masalah pada pemeliharaan sikat dan bunga api listrik.



(a)



**Gambar 2.22 Operasi motor DC magnet permanen**  
(Sumber: PETRUZELLA, FRANK D. 2001. “Elektronik Industri”.Edisi  
Kedua. Penerbit Andi Yogyakarta.)

Penghantar yang menghasilkan arus ditempatkan tegak lurus pada medan magnet, cenderung bergerak tegak lurus terhadap medan. Besarnya gaya yang didesakkan untuk menggerakkan berubah sebanding dengan kekuatan medan magnet, besarnya arus yang mengalir pada penghantar dan panjang penghantar. Untuk menentukan arah gerakan penghantar yang mengalirkan arus pada medan magnet, digunakan hukum tangan kanan motor (gambar 2.21 (a)). Ibu jari dan dua jari yang pertama dari tangan kanan disusun sehingga saling tegak lurus satu sama lain dengan menunjukkan arah garis gaya magnet dari medan, dan jari tengah menunjukkan arah arus yang mengalir (min ke plus) pada penghantar. Ibu jari akan menunjukkan arah gerakan penghantar, seperti diperlihatkan pada (gambar 2.21 (b)). Gambar tersebut menggambarkan bagaimana torsi motor dihasilkan oleh kumparan yang membawa arus atau loop pada kawat yang ditempatkan pada medan magnet. Interaksi pada medan magnet menyebabkan pembengkokan garis gaya. Apabila garis cenderung lurus keluar, pembengkokan tersebut menyebabkan loop mengalami gerak putaran. Penghantar sebelah kiri ditekan ke bawah dan penghantar sebelah kanan ditekan ke atas, menyebabkan putaran jangkar berlawanan dengan arus putaran jarum jam.

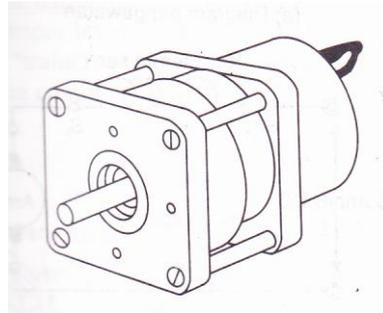


Motor dan generator arus searah dibuat dengan cara yang sama sehingga mesin dc dapat bekerja baik sebagai motor maupun sebagai generator. Motor Dc magnet permanen adalah motor yang fluks magnet utamanya dihasilkan oleh magnet permanen. Elektromagnetik digunakan untuk medan sekunder atau fluks jangkar. Gambar 2.21 menggambarkan operasi motor magnet permanen. Arus mengalir melalui kumparan jangkar dari sumber tegangan DC, menyebabkan jangkar beraksi sebagai magnet. Kutub jangkar ditarik kutub medan dari polaritas yang berbeda, menyebabkan jangkar berputar. Pada gambar 2.21 (a), jangkar berputar searah jarum jam. Apabila kutub jangkar segaris dengan kutub medan, sikat-sikat ada pada celah di komutator dan tidak ada arus yang mengalir pada jangkar. Jadi, gaya tarik atau gaya tolak magnet berhenti, seperti digambarkan pada gambar 2.21 (b). Kemudian kelembaban membawa jangkar melewati titik netral. Komutator membalik arus jangkar ketika kutub yang tidak sama dari jangkar dan medan berhadapan satu sama lain, sehingga membalik polaritas medan jangkar. Kutub-kutub yang sama dari jangkar dan medan kemudian saling menolak, menyebabkan jangkar berputar terus-menerus seperti diperlihatkan pada gambar 2.21 (c).

Arah putaran motor DC magnet permanen ditentukan oleh arah arus yang mengalir pada jangkar. Pembalikan ujung-ujung jangkar tidak membalik arah putaran. Salah satu keistimewaan motor Dc ini adalah kecepatannya dapat dikontrol dengan mudah. Kecepatan motor magnet permanen berbanding langsung dengan harga tegangan yang diberikan pada jangkar. Semakin besar tegangan jangkar, semakin tinggi kecepatan motor.

Servomotor magnet permanen (gambar 2.22) digunakan pada mesin yang menghendaki posisi yang tepat dari objek atau komponen, dimana diperlukan torsi start dan pengoperasian yang tinggi dan diperlukan torsi konstan. Pemakaian lain meliputi pengoperasian kran yang bertekanan, penempatan yang cermat dari damper (alat pengatur api kompor) dan operasi khusus yang lain di berbagai sistem kontrol.

---

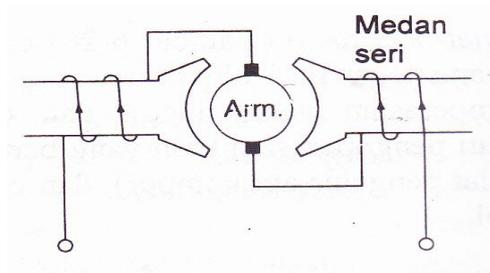


**Gambar 2.23 Servomotor DC magnet permanen**

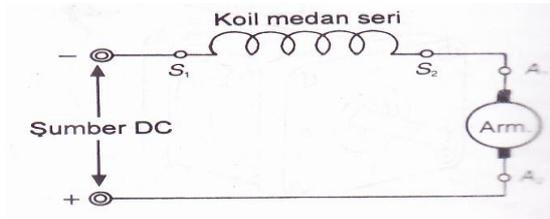
**(Sumber: PETRUZELLA, FRANK D. 2001. “Elektronik Industri”.Edisi Kedua. Penerbit Andi Yogyakarta.)**

Motor DC jenis seri (gambar 2.23) terdiri dari medan seri (diidentifikasi dengan  $S_1$  dan  $S_2$ ) dibuat dari sedikit lilitan kawat besar yang dihubungkan seri dengan jangkar (diidentifikasi dengan  $S_1$  dan  $S_2$ ). Jenis motor DC ini mempunyai karakteristik torsi start dan kecepatan variabel yang tinggi. Ini berarti bahwa motor dapat start atau menggerakkan beban yang sangat berat, tetapi kecepatan akan bertambah kalau beban turun. Motor Dc seri dapat membangkitkan torsi strating yang besar karena arus yang sama yang melewati jangkar juga melewati medan. Jadi, jika jangkar memerlukan arus yang banyak (membangkitkan torsi yang besar), arus ini juga melewati medan, menambah kekuatan medan. Oleh karena itu, motor seri berputar cepat dengan beban ringan dan berputar lambat pada saat beban ditambahkan.

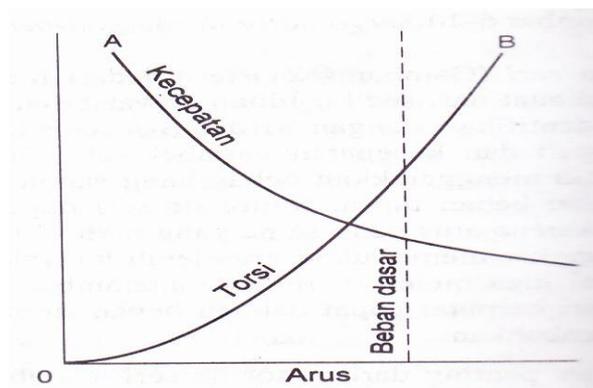
Sifat istimewa terpenting motor DC seri adalah kemampuannya untuk start atau menjalankan beban yang sangat berat. Karena alasan itu, motor sering digunakan pada gerakan dan elevator. Untuk membalik arah putaran motor DC seri, balik arah arus pada kumparan seri atau kumparan jangkar.



(a) Diagram pengawatan



(b) Diagram skematik



(c) Karakteristik kecepatan dan torsi

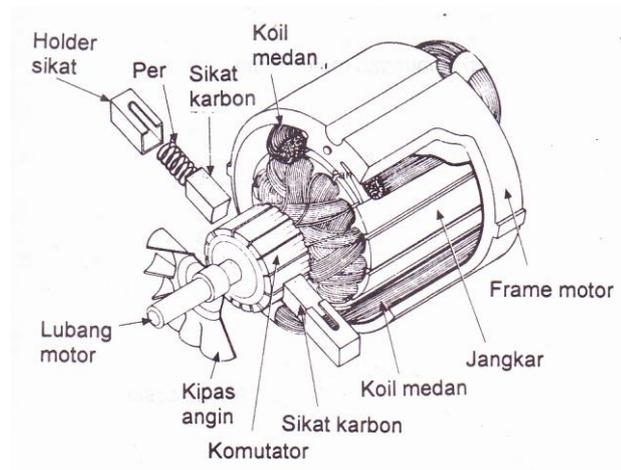
### Gambar 2.24 Motor DC Seri

(Sumber: PETRUZELLA, FRANK D. 2001. “Elektronik Industri”.Edisi Kedua. Penerbit Andi Yogyakarta.)

Jenis motor DC ini juga sering disebut motor *universal* karena dapat dioperasikan baik dengan arus searah maupun dengan arus bolak-balik (gambar 2.24). Alasan untuk ini adalah bahwa motor DC akan terus pada arah yang sama jika arus yang mengalir pada jangkar dan arus yang mengalir pada medan dibalik pada waktu bersamaan.

Penggerak sabuk (*belt*) tidak pernah digunakan pada motor seri. Motor tersebut sering dirangkai langsung dengan beban karena motor seri tidak dapat dioperasikan dalam keadaan tanpa beban. Fluks magnet yang ada pada keadaan tanpa beban disebabkan oleh magnet sisa, karena itu medan tersebut sangat lemah. Pengoperasian motor tanpa beban akan memungkinkan rotor mencapai kecepatan

yang sedemikian tinggi sehingga gaya sentrifugal akan menyebabkan lilitan menjadi rusak. Pada motor DC seri kecil gesekan sikat, gesekan bantalan dan kerugian kumparan dapat menimbulkan beban yang cukup untuk menahan turunnya kecepatan sampai level yang aman. Ketika digunakan pada alat daya yang mudah dibawa, “train gear” pada unti dan alat yang dipasangkan akan memberikan beban yang cukup.

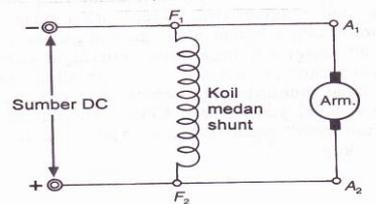


**Gambar 2.25 Bagian bagian motor DC seri**

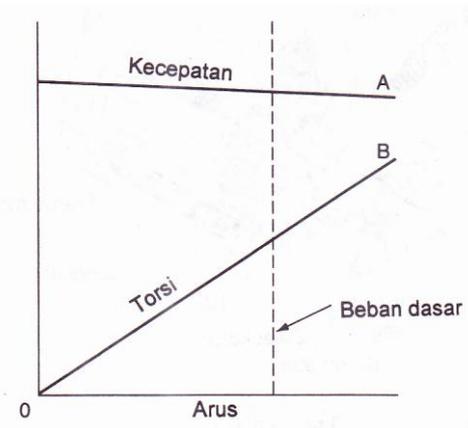
**(Sumber: PETRUZELLA, FRANK D. 2001. “Elektronik Industri”.Edisi Kedua. Penerbit Andi Yogyakarta.)**

Pada motor DC jenis shunt, (gambar 2.25) kumparan medan shunt (diidentifikasi  $F_1$  dan  $F_2$ ) dibuat dengan banyak lilitan kawat kecil, karena itu mempunyai tahanan yang tinggi. Motor shunt mempunyai rangkaian jangkar dan medan yang dihubungkan paralel yang memberikan kekuatan medan dan kecepatan motor yang sangat konstan. Motor shunt digunakan jika diperlukan pengaturan kecepatan yang bagus pada mesin yang digerakkan. Dengan menambah rheostat yang dipasang seri dengan rangkaian medan shunt, kecepatan motor dapat dikontrol di atas kecepatan dasar. Kecepatan motor akan menjadi berbanding terbalik dengan arus medan. Ini berarti motor shunt berputar cepat dengan arus medan rendah dan berputar lambat pada saat arus bertambah. Motor shunt dapat melaju pada kecepatan tinggi yang berbahaya jika arus kumparan

medan hilang. Untuk membalik motor DC shunt, adalah dengan membalik aliran arus pada medan shunt atau jangkar.



(a) Hubungan motor shunt



(b) Karakteristik kecepatan dan torsi

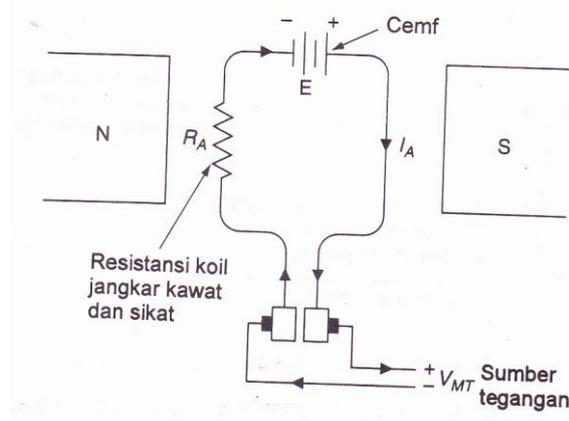
### Gambar 2.26 Motor DC shunt

(Sumber: PETRUZELLA, FRANK D. 2001. “Elektronik Industri”.Edisi Kedua. Penerbit Andi Yogyakarta.)

Biasanya motor dipasang untuk mengerjakan pekerjaan tertentu yang memerlukan arah putaran yang tepat, tetapi mungkin pada suatu waktu anda ingin meruba arah putaran. Arah putaran motor Dc tergantung pada arah medan dan arah aliran arus pada jangkar. Jika arah medan atau arah aliran arus pada jangkar dibalik, putaran motor akan terbalik. Jika kedua faktor tersebut dibalik pada saat yang sama, motor akan terus berputar pada arah putaran yang sama. Untuk membalik arah putaran motor compound baliklah ujung-ujung jangkar atau pada medan seri dan shunt. Standar industri adalah dengan membalik arus pada jangkar. Motor DC seperti pada generator DC mempunyai reaksi jangkar. Karena jangkar motor mempunyai arus yang mengalir padanya, medan magnet akan

dibangkitkan disekitar kumparan jangkar sebagai akibat dari arus tersebut. Medan jangkar menyebabkan distorsi medan utama pada motor, yang menyebabkan garis netral tergeser.

Arah distorsi pada motor berlawanan dengan arah distorsi pada generator. Pada motor, reaksi jangkar menggeser garis netral berlawanan dengan arah putaran. Kutub bantu (*interpole*) digunakan sama pada motor DC untuk mencegah bunga api pada sikat-sikat. Pada saat jangkar berputar, kumparan jangkar DC memotong medan magnet dan menginduksikan tegangan atau GGL pada kumparan tersebut. Hal ini kadang-kadang disebut aksi generator pada motor. Karena tegangan yang diinduksikan bertentangan dengan tegangan terminal yang diberikan, tegangan ini disebut GGL lawan (counter electromotive force = cemf). Tegangan efektif yang bekerja pada rangkaian jangkar daro motor yang diberikan, atau tegangan terminal diberikan GGL lawan (gambar 2.26).



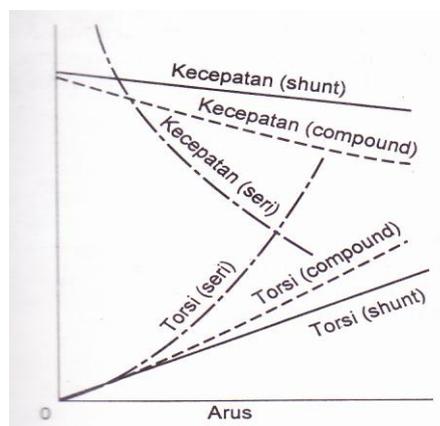
**Gambar 2.27 GGL lawan motor**

**(Sumber: PETRUZELLA, FRANK D. 2001. “Elektronik Industri”.Edisi Kedua. Penerbit Andi Yogyakarta.)**

Kekuatan GGL lawan pada motor ditentukan dengan jumlah penghantar jangkar yang diseri antara sikat-sikat dan kecepatan jangkar. Pada saat motor start, jangkar tidak berputar sehingga tidak ada GGL lawan. Akibatnya tegangan lin penuh diberikan pada motor dan akan menarik arus pada rangkaian jangkar sesuai dengan hukum Ohm. Salah satu faktor yang membatasi arus adalah tahanan lilitan motor. Ketika kecepatan jangkar bertambah atau bertambah cepat, ketika GGL

lawan akan timbul dan membatasi aliran arus pada motor. Kecepatan bertambah, GGL lawan bertambah dan arus yang ditarik pada motor berkurang. Ketika motor mencapai kecepatan penuh pada keadaan tanpa beban, akan ada pembangkitan GGL yang hampir sama pada tegangan lin. Hanya arus yang cukup yang dapat mengalir dan mempertahankan kecepatan ini. Jika diberikan beban pada motor, maka kecepatan berkurang dan mengurangi GGL lawan, sehingga arus yang lebih banyak akan ditarik untuk menggunakan beban. Output beban motor mengatur kecepatan dengan mempengaruhi GGL lawan dan aliran arus.

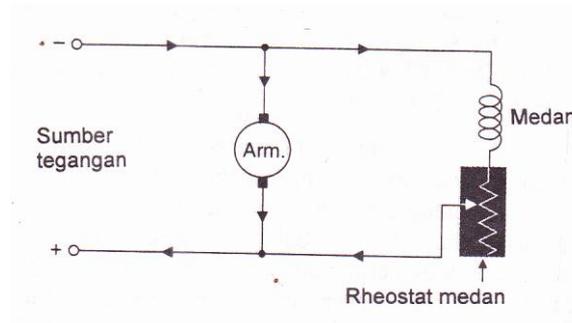
Kecepatan motor DC tergantung pada kekuatan medan magnet dan tegangan yang diberikan pada jangkar dan juga pada beban. Oleh karena itu, kecepatan dapat diatur baik dengan mengatur arus medan atau dengan mengatur tegangan yang diberikan pada jangkar. Apabila beban bertambah, maka kecepatan dan GGL lawan menurun dan arus bertambah. Demikian juga apabila beban menurun, kecepatan dan GGL lawan bertambah dan arus p. Motor dirancang untuk menghasilkan *horse power* (hp) kerja pada kecepatan penuh. Kecepatan normalnya (beban penuh) disebut kecepatan basis pada motor. Kecepatan basis ini diperoleh ketika tegangan kerja jangkar dan arus beban penuh diberikan (gambar 2.27).



**Gambar 2.28 Pengaturan kecepatan motor DC**

**(Sumber: PETRUZELLA, FRANK D. 2001. "Elektronik Industri". Edisi Kedua. Penerbit Andi Yogyakarta.)**

Kecepatan motor DC sebanding dengan GGL lawan. Pelemahan fluks medan utama mengurangi GGL lawan. Semakin rendah GGL lawan, semakin banyak arus yang mengalir pada rangkaian jangkar. Penambahan arus jangkar ini menyebabkan medan magnet yang lebih kuat pada jangkar sehingga kecepatan jangkar bertambah. Kecepatan bertambah sampai GGL lawan dapat membatasi arus jangkar pada harga yang baru. Harga tersebut ditentukan oleh kekuatan medan utama. Pada titik tersebut motor menggerakkan beban pada kecepatan konstan. Pada motor shunt pengaturan kecepatan dapat dilakukan dengan menghubungkan rheostat seri dengan lilitan medan shunt. Penambahan tahanan seri pada medan mengurangi arus medan sehingga memperlemah medan magnet. Penurunan kekuatan medan berarti motor harus berputar lebih cepat (gambar 2.28). Metode pengaturan motor ini sering digunakan karena sederhana dan murah. Kecepatan yang lebih besar daripada kecepatan yang basis hanya ada pada torsi yang dikurangi. Pelemahan medan mengurangi kemampuan torsi motor.



**Gambar 2.29 Pengaturan kecepatan medan**

(Sumber: PETRUZELLA, FRANK D. 2001. "Elektronik Industri". Edisi

**Kedua. Penerbit Andi Yogyakarta.)**

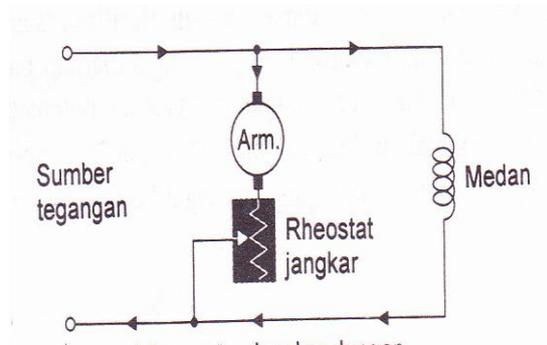
Apabila fluks medan utama dipertahankan konstan, pada kekuatan medan penuh hanya tegangan jangkar yang akan mempengaruhi kecepatan. Dengan menambah atau mengurangi tegangan jangkar, kecepatan akan naik atau turun secara sebanding (gambar 2.29). Pada gambar 2.29 (a) kecepatan jangkar diatur dengan menggunakan rheostat.

Rheostat mengurangi kecepatan di bawah kecepatan nominalnya. Penggunaan rheostat dianjurkan hanya untuk motor-motor kecil. Cara pengaturan

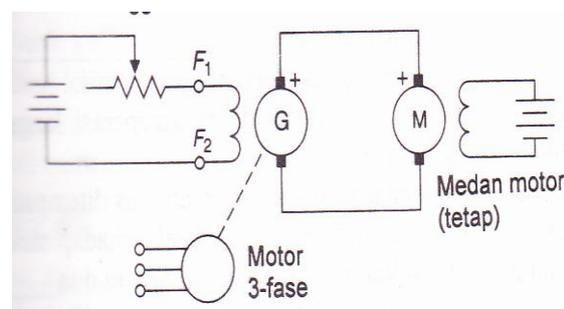
kecepatan motor ini biasanya tidak efisien karena jangkar adalah rangkaian arus tinggi. Jadi banyak daya dan panas yang dihilangkan pada rheostat dan regulasi kecepatan adalah jelek.

Pengatur kecepatan jangkar sistem *Ward-Leonard* diperlihatkan pada gambar 2.29 (b). Jangkar motor (M) dihubungkan pada generator DC penguat terpisah (G). Tegangan output generator dapat diatur dari nol sampai maksimum.

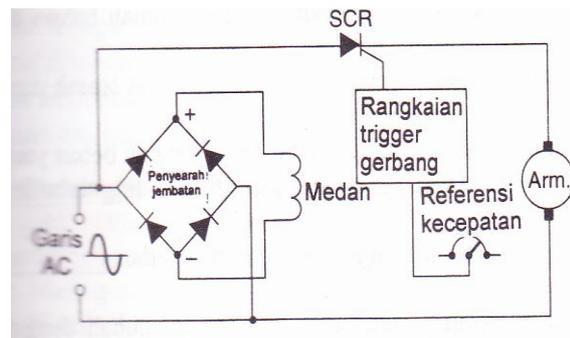
Akibatnya kecepatan motor dapat diubah dari nol sampai maksimum. Dengan pengatur kecepatan elektronik seperti digambarkan pada gambar 2.29 (c) konduksi dari SCR dikontrol dengan penyetelan potensiometer referensi kecepatan yang mengubah waktu ON dari SCR per masing-masing setengah siklus positif sehingga mengubah tegangan yang diberikan kepada jangkar.



(a) Kontrol kecepatan jangkar dengan menggunakan rheostat



(b) Sistem Ward-Leonard dari kontrol kecepatan jangkar



(c) Kontrol kecepatan elektronik

**Gambar 2.30 Pengatur kecepatan jangkar**

(Sumber: PETRUZELLA, FRANK D. 2001. “Elektronik Industri”.Edisi Kedua. Penerbit Andi Yogyakarta.)

Rheostat mengurangi kecepatan di bawah kecepatan nominalnya. Penggunaan rheostat dianjurkan hanya untuk motor-motor kecil. Cara pengaturan kecepatan motor ini biasanya tidak efisien karena jangkar adalah rangkaian arus tinggi. Jadi banyak daya dan panas yang dihilangkan pada rheostat dan regulasi kecepatan adalah jelek.

Pengatur kecepatan jangkar sistem *Ward-Leonard* diperlihatkan pada gambar 2.29 (b). Jangkar motor (M) dihubungkan pada generator DC penguat terpisah (G). Tegangan output generator dapat diatur dari nol sampai maksimum.

Akibatnya kecepatan motor dapat diubah dari nol sampai maksimum. Dengan pengatur kecepatan elektronik seperti digambarkan pada gambar 2.29 (c) konduksi dari SCR dikontrol dengan penyetelan potensiometer referensi kecepatan yang mengubah waktu ON dari SCR per masing-masing setengah siklus positif sehingga mengubah tegangan yang diberikan kepada jangkar.