

TI-3222: Otomasi Sistem Produksi

Peralatan Pengendali di Industri

Laboratorium Sistem Produksi

www.lspitb.org

©2004



Hasil Pembelajaran

- Umum
 - Mahasiswa mampu untuk melakukan proses perancangan sistem otomasi, sistem mesin NC, serta merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol logika.
- Khusus
 - Memahami jenis-jenis peralatan pengendali: utama /pengarah, saklar, transducer, sensor dan aktuator



Peralatan Pengendali di Industri

1. Peralatan Pengendali Utama dan Pengarah (1)

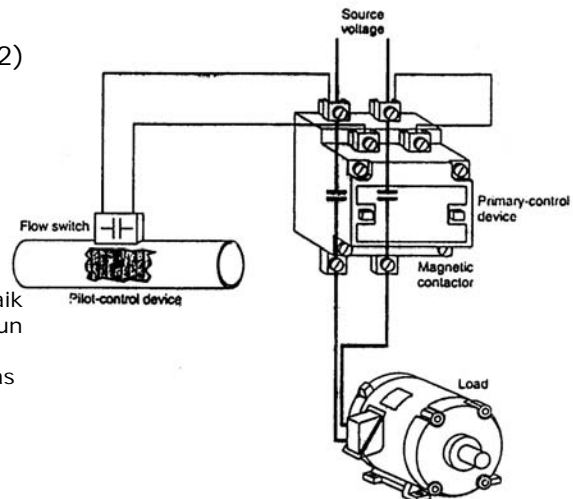
- Peralatan pengendali adalah komponen yang mengatur daya yang dikirimkan ke suatu beban elektrik tertentu. Semua komponen yang dipergunakan dalam sirkuit pengendali (motor) dapat diklasifikasikan menjadi pengendali utama (motor) dan pengendali pengarah (motor).
- Peralatan Pengendali Utama (Primary Control Device), seperti kontaktor (motor), starter, dan controller menghubungkan beban ke garis listrik.
- Peralatan Pengendali Pengarah (Pilot Control Device), seperti relay, atau peralatan yang mengaktifasi sirkuit daya, mengarahkan operasi dari peralatan lainnya.
- Contoh: pushbuttons, flow switches, pressure switches dan thermostat.



Peralatan Pengendali di Industri

1. Peralatan Pengendali Utama dan Pengarah (2)

- Peralatan ini jangan dipergunakan untuk menghidupkan / mengalirkan daya yang besar, kecuali peralatannya memiliki spesifikasi yang memungkinkan.
- Kontaktor yang dipilih baik pengendali utama ataupun pengendali pengarah harus memiliki kapabilitas untuk mengalirkan arus tertentu yang akan dihubungkan.



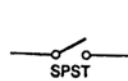
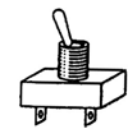
2. Saklar Manual

- Saklar manual adalah saklar yang dikendalikan dengan menggunakan tangan, contoh toggle switch, slide switch, rocker switch, DIP switches, rotary switch, thumbwheel switches, selector switch, pushbutton switches, drum switch.

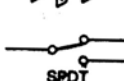
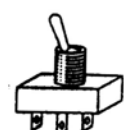


2. Saklar Manual

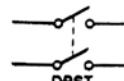
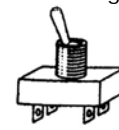
- Toggle Switch
 - Saklar ini menggunakan aksi posisi untuk menghasilkan suatu hubungan



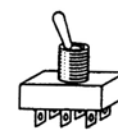
(a) Single pole single throw



(b) Single pole double throw



(c) Double pole single throw



(d) Double pole double throw

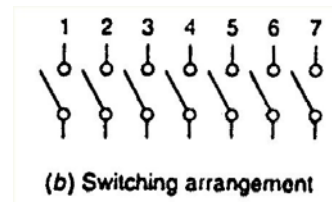
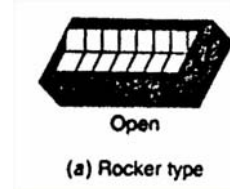
- Slide Switch
 - Saklar ini menggunakan aksi luncur yang sederhana untuk menghasilkan suatu hubungan. Saklar ini sering dipergunakan sebagai saklar pilih untuk memilih operasi tipe HIGH atau LOW, jadi saklar ini terdapat 3 pilihan, biasanya OFF, HIGH, atau LOW



2. Saklar Manual

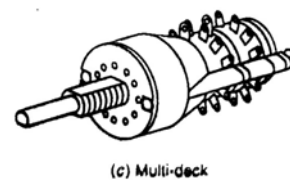
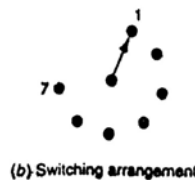
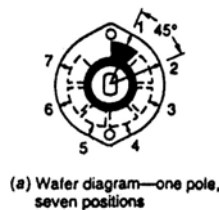
- Rocker Switch
 - Merupakan hasil modifikasi dari slide switch. Dengan menekan pada satu sisi dari saklar akan mengakibatkan luncuran meluncur ke bagian lainnya.

- DIP Switches
 - DIP: Dual in Package. Merupakan saklar kecil yang didesain untuk disatukan pada papan sirkit. Dalam satu DIP Switches ini terdapat beberapa saklar. Bentuk dari DIP Switches ini biasanya bisa terdiri dari toggle switch, atau rocker switch, atau slide switch.



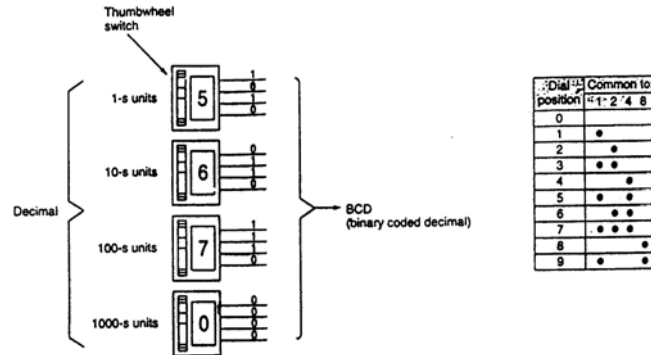
2. Saklar Manual

- Rotary Switch
 - Saklar ini dipergunakan untuk operasi switching yang lebih kompleks, seperti yang terdapat pada osciloskop dan multimeter. Saklar ini juga sering disebut sebagai wafer switch.



2. Saklar Manual

- Thumbwheel Switch
 - Merupakan switch yang dipergunakan dalam peralatan komputer-pengendali untuk memberikan informasi dari operator ke komputer. Keluaran dari saklar ini biasanya dalam bentuk BCD (*Binary-Coded Decimal*), desimal, ataupun hexadesimal, yang bisa digunakan untuk komunikasi komputer.

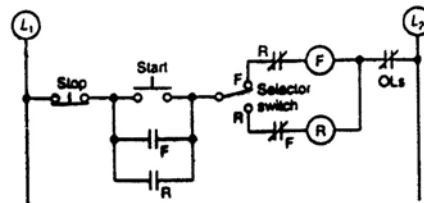


2. Saklar Manual

- Selector Switch
 - Saklar ini diaktifkan dengan cara memutar kenop yang ada ke kanan ataupun ke kiri. Saklar ini memiliki beberapa posisi, yang setelah diputar bisa berhenti pada posisi tersebut ataupun kembali ke posisinya semula



(a) Selector switch operator

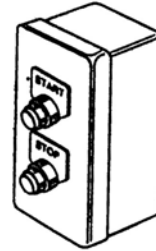


(b) Control circuit for selector switch used for reversing direction of rotation of a motor

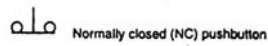
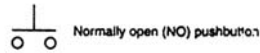


2. Saklar Manual

- Pushbutton Switch
 - Terdiri dari dua jenis, yaitu NO dan NC, untuk NO, jika saklar ini ditekan, maka akan mengalirkan arus, namun jika dilepaskan, maka arus akan berhenti mengalir, sedangkan untuk model NC adalah sebaliknya

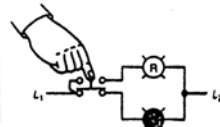
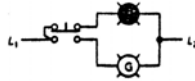


(c) Pushbutton station consists of one or more pushbuttons in a common enclosure

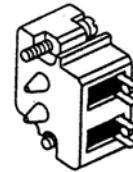


Note: Abbreviations NO and NC represent the electrical state of the switch contacts when the switch is not actuated

(a) Pushbutton symbols



(b) Control circuit using a combination break-make pushbutton



(d) Plastic contact block houses the switching contacts of the pushbutton



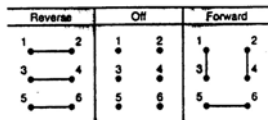
2. Saklar Manual

- Drum Switch
 - Saklar ini terdiri dari kontaktor yang bisa digerakkan yang dipasang pada suatu sumbu putar. Saklar ini biasanya dipakai untuk menghidupkan dan kemudian memutar balik motor, motor satu fasa yang memiliki kemampuan berputar balik (CW dan CCW), DC Shunt motor, serta compound wound motors.

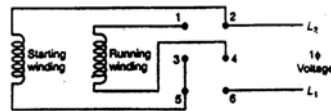


(Courtesy of Fuji Electric Company.)

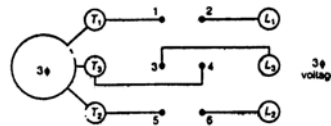
(a) Switch



(c) Internal switching arrangement



(d) Single-phase motor reversing—wiring diagram



(d) Three-phase motor reversing—wiring diagram



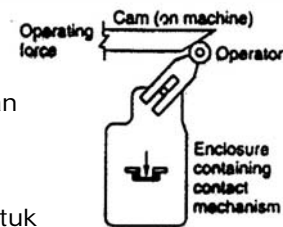
3. Saklar Mekanik

- Saklar ini merupakan saklar yang digerakkan otomatis melalui tekanan, posisi, ataupun temperatur.
- Contoh : limit switches, microswitches, temperature switches, pressure switches dan juga level switches.

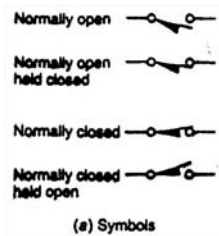


3. Saklar Mekanik

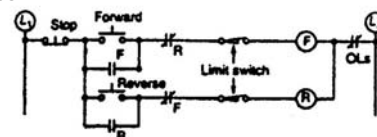
- Limit switch
 - Merupakan saklar yang paling umum digunakan di industri. Saklar ini akan beroperasi jika batasan yang ditentukan telah dicapai, dan biasanya digerakkan dengan semacam mekanisme kontak seperti *cam*. Biasanya dipergunakan dalam sirkit pengendali pada mesin untuk mengatur penghidupan, mematikan ataupun memutar arah gerak motor.



(b) Operation



(e) Symbols



(c) Control circuit for starting and stopping a motor in forward and reverse with limit switches providing overtravel protection



3. Saklar Mekanik

- Microswitch
 - Microswitch ini merupakan saklar "snap-acting" yang ditempatkan dalam kemasan yang kecil. Dalam saklar ini, proses switching sebenarnya terjadi dengan kecepatan yang konstan, dan tidak dipengaruhi oleh kecepatan gerak mekanik aktivasinya.

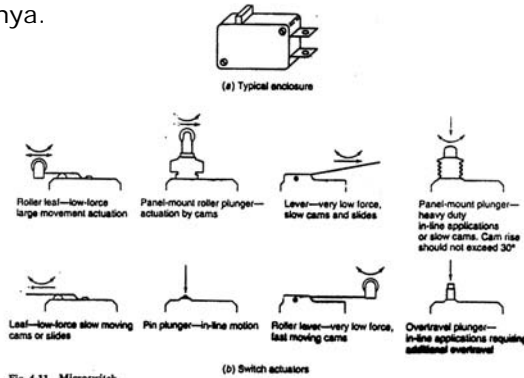
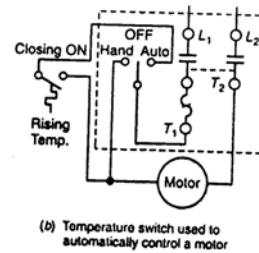
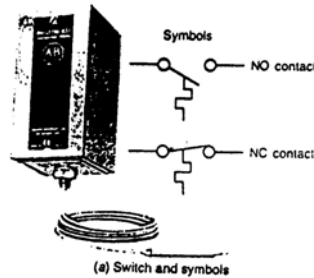


Fig. 4-11 Microswitch.



3. Saklar Mekanik

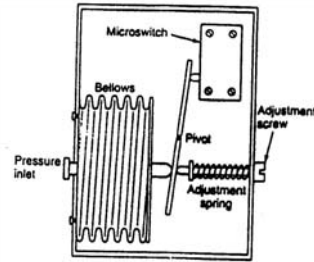
- Temperature Switch atau Thermostat
 - Thermostat ini dipergunakan untuk mengindra perubahan temperatur. Saklar ini akan aktif jika terjadi perubahan temperatur sampai pada level tertentu. Saklar ini akan membuka ataupun menutup jika suhu yang ditentukan tercapai.



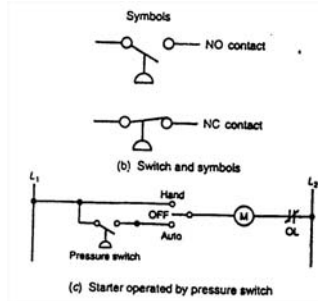
3. Saklar Mekanik

- **Pressure Switches**

- Dipergunakan untuk mengendalikan tekanan dari cairan ataupun gas. Biasanya didesain untuk membuka ataupun menutup kontaktor pada saat tekanan tercapai. Saklar ini merupakan saklar yang dioperasikan secara pneumatik (udara).



(a) Bellows

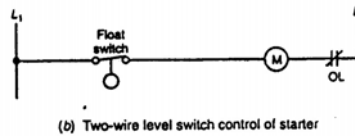
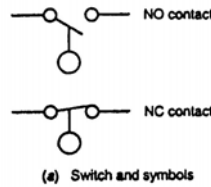
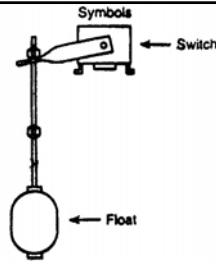


TI-3222: Otomasi Sistem Produksi - 4

3. Saklar Mekanik

- **Level Switches**

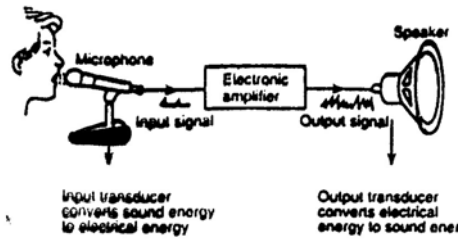
- Dipergunakan untuk mengukur ketinggian dari cairan. Naik dan turunnya pelampung secara mekanik akan mengaktifkan dan mematikan level switch ini. Biasanya dipergunakan untuk pompa air, membuka dan menutup pipa saluran solenoid untuk mengontrol aliran cairan.



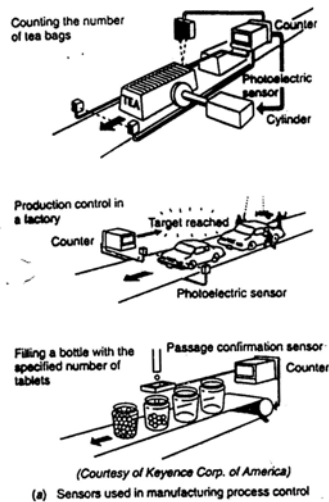
TI-3222: Otomasi Sistem Produksi - 4

4. Transducer & Sensor

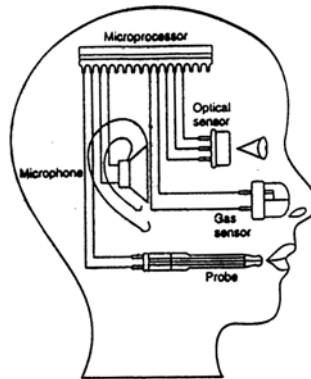
- Transducers adalah peralatan yang dapat mengubah energi dari satu bentuk ke bentuk lainnya.
 - Transducers dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu:
 1. Input Transducers. Electric-Input Transducers mengubah energi non-listrik seperti suara, cahaya menjadi energi listrik.
 2. Output Transducers. Electric-Output Transducers merupakan kebalikan dari Electric-Input Transducers.
 - Terdapat tipe-tipe transducers yang dipergunakan untuk mengkonversi energi mekanik, magnetik, panas, optik, ataupun kimia menjadi arus dan tegangan listrik.



4. Transducer & Sensor



- Sensor adalah peralatan yang dipergunakan untuk mendeteksi ataupun mengukur ukuran dari sesuatu. Sensor umumnya dikategorikan menurut apa yang diukur dan sangat berperan penting dalam proses pengendali manufaktur modern.



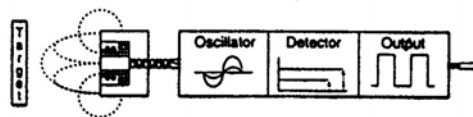
4. Transducer & Sensor

- Proximity Sensor
 - Merupakan sensor yang mendeteksi keberadaan dari suatu objek tanpa melakukan kontak fisik.
 - Proximity sensor ini akan dipergunakan dalam kondisi :
 - Objek yang akan dideteksi terlalu kecil.
 - Respons cepat dan kecepatan switching diperlukan, misalnya dalam menghitung, ataupun ejection control applications.
 - Objek harus diindra melalui pembatas non metalik, seperti kaca, plastik dan kartor kertas.
 - Lingkungan yang berbahaya, dimana sistem terproteksi dengan baik, dan tidak diharapkan adanya kontak mekanik.
 - Jika dibutuhkan saklar yang panjang umur dan andal
 - Sistem pengendali elektronik cepat yang membutuhkan signal masukan bebas pantulan.
 - Inductive Proximity Sensor adalah peralatan sensor yang diaktifkan oleh objek logam.
 - Inductive Sensor ini dapat diaktifkan baik dalam posisi aksial ataupun radial.
 - Capacitive Proximity Sensor adalah sensor yang diaktifkan oleh material konduktif ataupun non-konduktif, seperti kayu, plastik, cairan, gula, tepung, ataupun gandum.



4. Transducer & Sensor

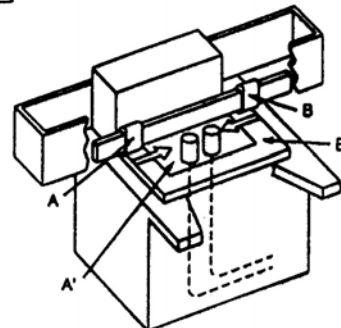
- Inductive Proximity Sensor



(a) Inductive sensor operation



(b) Barrel-type physical appearance

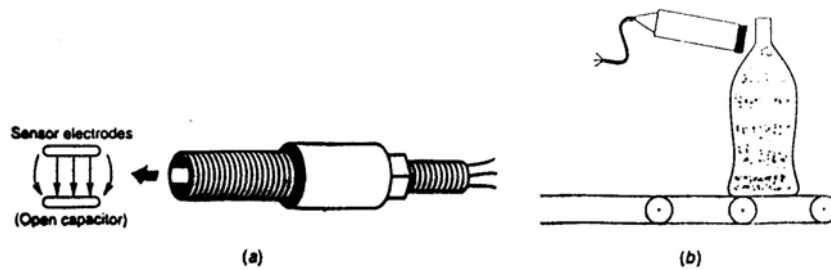


(c) Typical application



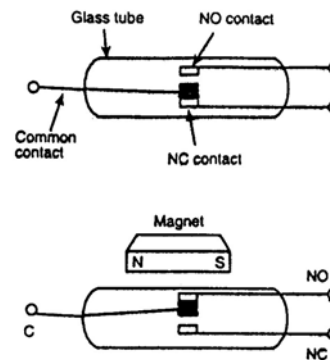
4. Transducer & Sensor

- Capacitive Proximity Sensor



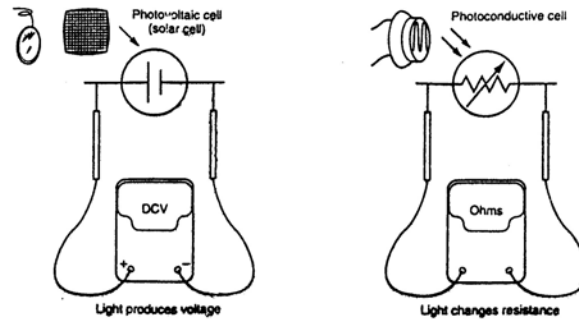
4. Transducer & Sensor

- Magnetic switch (reed relay)
 - Switch magnetic atau sering juga disebut sebagai reed-relay. Sensor ini terdiri dari dua plat kontak yang terproteksi penuh dalam ruang kaca yang mempunyai gas proteksi. Reed relays ini cepat, lebih andal, dan menghasilkan penyimpangan yang lebih kecil dibandingkan dengan saklar elektromekanik konvensional.



4. Transducer & Sensor

- Sensor cahaya yang paling sering dijumpai adalah photovoltaic atau sel solar, dimana peralatan ini mengkonversi energi cahaya menjadi energi listrik.
- Photoconductive (Photoresistive) cell merupakan salah satu transducers cahaya yang sering dipergunakan. Energi cahaya yang jatuh pada sel photoconductive akan mengakibatkan perubahan resistansi pada sel, jika cahaya sedang gelap, maka resistansi akan tinggi, demikian juga sebaliknya.

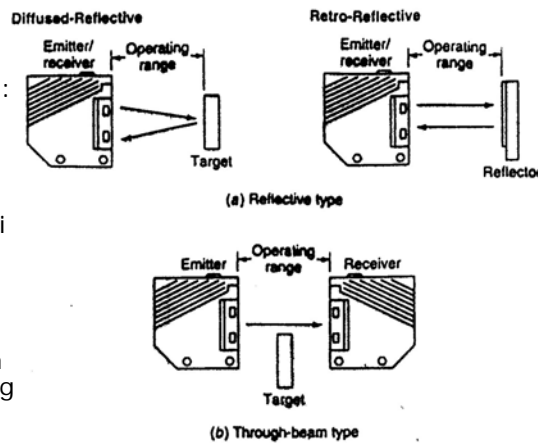


TI-3222: Otomasi Sistem Produksi - 4

25

4. Transducer & Sensor

- Terdapat dua tipe utama dari sensor photoelektrik ini, yaitu:
 1. Reflective-type photoelectric sensor, dipergunakan untuk mendeteksi cahaya yang dipantulkan dari objek
 2. Through-beam photoelectric sensor, dipergunakan untuk mengukur perubahan kuantitas cahaya yang diakibatkan dari adanya objek yang melewati aksis optiknya.



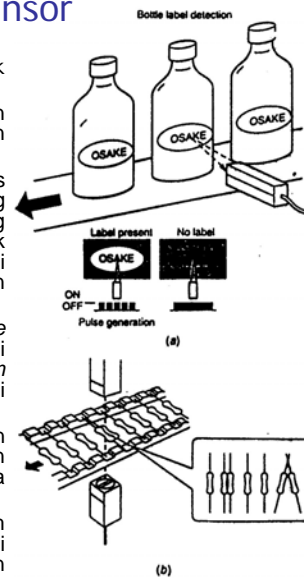
TI-3222: Otomasi Sistem Produksi - 4

26

4. Transducer & Sensor

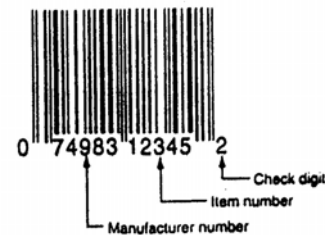
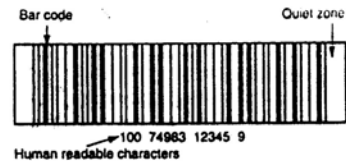
Fasilitas yang disediakan oleh sensor photoelektrik antara lain :

1. *Deteksi non-kontak.* Proses deteksi ini tidak akan mengakibatkan kerusakan baik pada target ataupun sensor.
2. *Deteksi target virtual dari segala material.* Proses deteksi ini didasarkan atas jumlah cahaya yang diterima, atau perubahan dalam jumlah cahaya yang dipantulkan. Metoda ini memungkinkan untuk mendeteksi target yang terbuat dari berbagai material, misalnya kaca, logam, plastik, kayu ataupun cairan.
3. *Jarak deteksi yang jauh.* *Reflective-Type PhotoElectric Sensor* mampu mendeteksi sampai jarak 1 (satu) meter, sedangkan *Through-Beam PhotoElectric Sensor* mampu mendeteksi sampai jarak 10 (sepuluh) meter.
4. *Diskriminasi warna.* Sensor ini memiliki kemampuan untuk mendeteksi cahaya dari objek berdasarkan reflektansi dan penyerapan cahaya dari warna tersebut.
5. *Deteksi dengan keakuratan tinggi.* Dengan istem optikal yang unik dan sirkit elektronik presisi memungkinkan deteksi objek dengan keakuratan tinggi.



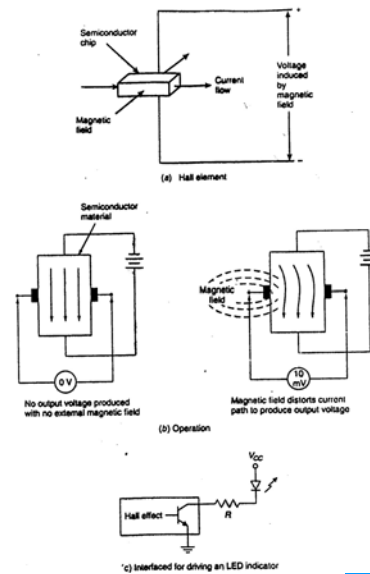
4. Transducer & Sensor

- Bar-Code
 - Teknologi Bar-Code adalah yang paling banyak diimplementasikan di industri, biasanya dipergunakan untuk memasukkan data secara cepat, dan akurat.
 - Simbol Bar-Code terdiri dari 30 karakter yang dienkodakan menjadi bentuk yang bisa dibaca mesin.
 - Scanner Bar-Code adalah alat yang dipergunakan untuk mengoleksi data. Sumber cahaya dari scanner akan memancarkan cahaya ke bar-code, kemudian bagian yang hitam akan menyerap cahaya, sehingga bagian yang putih akan memantulkan cahaya, phot detector akan mengumpulkan cahaya dalam bentuk signal elektronik, decode yang menerima signal tersebut akan dikonversikan menjadi karakter yang direpresentasikan oleh simbol bar-code tersebut



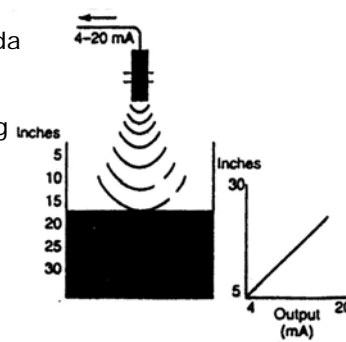
4. Transducer & Sensor

- Hall-Effect Sensors
 - Sensor ini didesain untuk mendeteksi keberadaan dari objek magnetik, biasanya magnet permanen. Biasanya digunakan untuk mensinyalir posisi dari komponen, dan sensor ini memiliki tingkat ketelitian yang tinggi.



4. Transducer & Sensor

- Ultrasonic Sensors
 - Sensor ini dioperasikan dengan mengirimkan gelombang suara pada target dan mengukur waktu yang dibutuhkan oleh gelombang untuk memantulkan kembali. Waktu yang dibutuhkan oleh gema untuk kembali ke sensor adalah proporsional terhadap jarak dan tinggi dari objek, karena suara memiliki kecepatan yang tetap. Reflektivitas dari gelombang suara di permukaan cairan akan sama dengan permukaan padat, tapi pada tekstil dan foams, gelombang akan diserap.



4. Transducer & Sensor

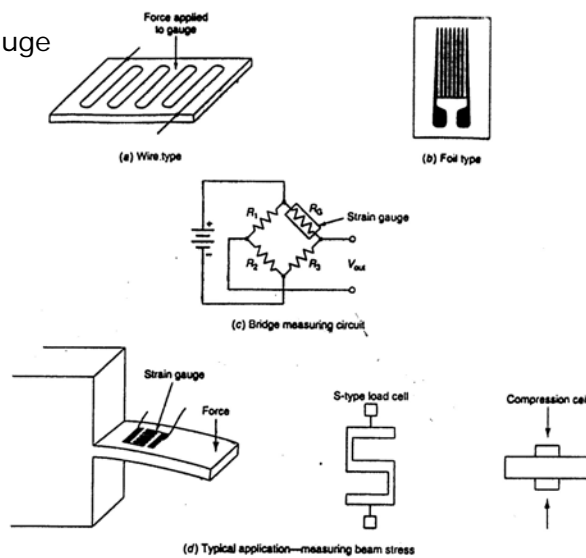
- Pressure Sensors

- Strain Wire Gauge Transducer akan mengkonversi tegangan mekanik menjadi signal elektrik.
 - Prinsip yang diterapkan adalah mengikuti prinsip bahwa konduktor akan memiliki resistansi yang berbeda pada sisi panjang ataupun mendatarnya.
 - Gaya yang dikenakan pada bidang ukur akan menyebabkan bidang membengkok, bengkakan ini akan mendistorsi ukuran bidang, dan akan terjadi perubahan resistansi.
 - Perubahan resistansi ini akan disinyalir oleh sirkit yang ada.
- Strain Gauge Load Cells biasanya terbuat dari baja dan bidang ukur tegangan yang sensitif.



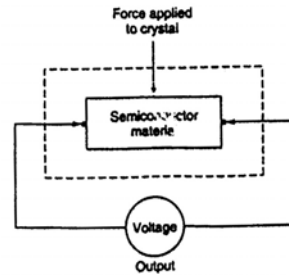
4. Transducer & Sensor

- Strain wire gauge

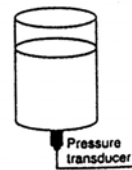


4. Transducer & Sensor

- Semiconductor strain gauge
 - menggunakan piezoelectric crystal sebagai elemen pengindraannya. Jika kristal diberi gaya, maka bentuk kristal akan berubah dan menghasilkan tegangan pada terminal keluaran dari kristal, jenis strain gauge ini memiliki sensitivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan strain wire gauge.



(a) When force is applied, the shape of the crystal changes and develops a voltage at its output terminals

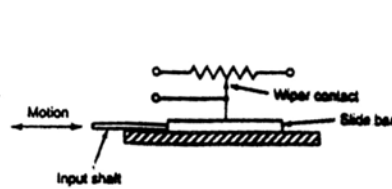


(b) Typical application—measuring level of a tank

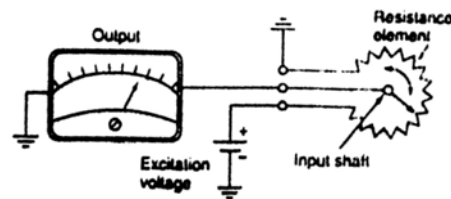


4. Transducer & Sensor

- Displacement Transducers
 - Displacement mengacu pada posisi suatu objek fisik terhadap suatu titik referensi tertentu. Displacement Transducers bisa linear (straight-line) ataupun angular (rotary). Potensiometer dapat dipergunakan untuk mengukur perubahan linear ataupun angular.



(a) Linear displacement potentiometer

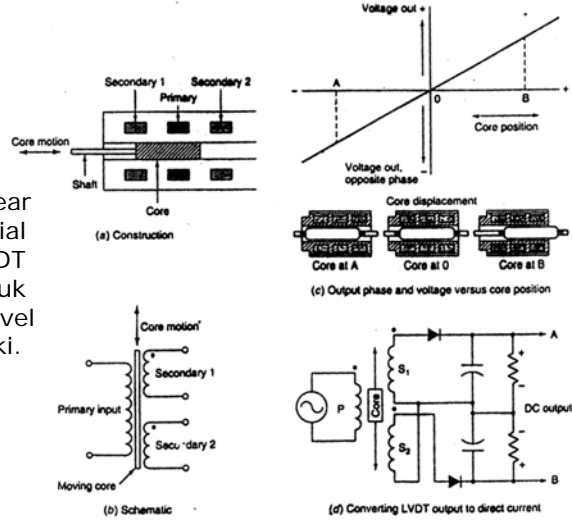


(b) Angular displacement potentiometer



4. Transducer & Sensor

- Displacement Transducers
 - Displacement Transducers yang paling umum dipakai industri adalah LVDT (Linear Variable Differential Transformer). LVDT ini digunakan untuk mengendalikan level air di dalam tangki.



4. Transducer & Sensor

- Aplikasi LVDT

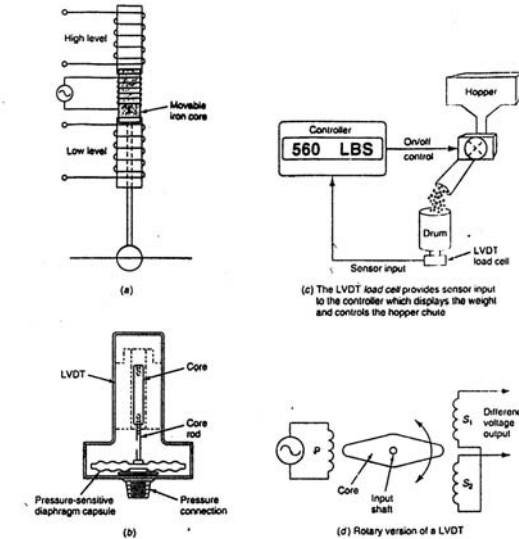


Fig. 4-38 LVDT applications.



4. Transducer & Sensor

- Temperature Sensors
 - Terdapat empat jenis sensor temperatur, yaitu :
 1. Thermocouple. Thermocouple ini terdiri dari sepasang konduktor yang tidak sama yang dikeling bersama pada satu sisi saja, sisi yang dikeling merupakan persambungan untuk pengukuran, sedangkan sisi yang tidak dikeling merupakan persambungan referensi. Dalam fungsinya sebagai thermocouple, maka akan terdapat perbedaan temperatur pada kedua sisi ini. Jika terdapat perbedaan, maka tegangan DC kecil akan dibangkitkan.
 2. Resistance Temperature Detectors (RTDs). Konsep ini berdasar bahwa hambatan elektrik pada logam bervariasi secara proporsional dengan suhu. Variasi proporsional ini sangat tepat dan bisa berulang, sehingga memungkinkan untuk pengukuran suhu yang konsisten melalui pendeteksian hambatan elektrik. Biasanya logam yang sering digunakan ini adalah platina, karena platina adalah sangat bagus dalam batas suhu, linearity, stability, dan reproducibility. Terdapat sensor aliran udara yang menggunakan panas RTD yang mendeteksi reduksi ataupun kenaikan dari aliran udara melalui efek pendingin yang melalui elemen pengindra.



4. Transducer & Sensor

- Temperature Sensors
 - Terdapat empat jenis sensor temperatur, yaitu :
 3. Thermistor. Merupakan hambatan suhu sensitif yang memiliki koefisien temperatur negatif. Jika suhu meningkat, maka resistansi akan menurun, dan sebaliknya. Thermistor ini sangat sensitif, sebanyak 5 % resistansi berubah untuk setiap perubahan suhu (oC), untuk itu sangat tepat untuk mendeteksi setiap perubahan suhu, dan massanya yang kecil memungkinkan untuk memberikan respon perubahan yang cepat.
 4. Integrated Circuit (IC) temperature sensors. IC ini menggunakan chip silikon sebagai elemen pengindranya, dan tersedia dalam konfigurasi keluaran tegangan ataupun arus tertentu, meskipun dalam range suhu yang sangat besar.



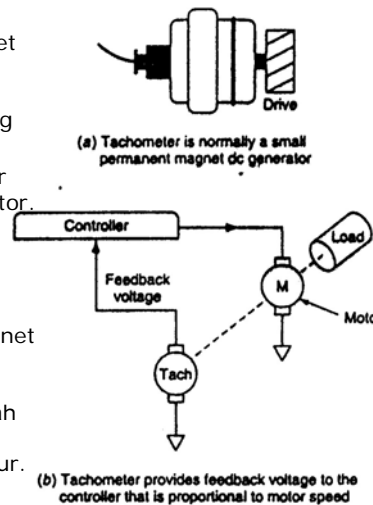
4. Transducer & Sensor

	Thermocouple	RTD	Thermistor	IC Sensor
Advantages	<ul style="list-style-type: none"> • Self-powered • Simple • Rugged • Inexpensive • Wide variety • Wide temperature range 	<ul style="list-style-type: none"> • Most stable • Most accurate • More linear than thermocouple 	<ul style="list-style-type: none"> • High output • Fast • Two-wire ohms measurement 	<ul style="list-style-type: none"> • Most linear • Highest output • Inexpensive
Disadvantages	<ul style="list-style-type: none"> • Nonlinear • Low voltage • Reference required • Least stable • Least sensitive 	<ul style="list-style-type: none"> • Expensive • Power supply required • Small ΔR • Low absolute resistance • Self-heating 	<ul style="list-style-type: none"> • Nonlinear • Limited temperature range • Fragile • Power supply required • Self-heating 	<ul style="list-style-type: none"> • $T < 200^\circ\text{C}$ • Power supply required • Slow • Self-heating • Limited configurations



4. Transducer & Sensor

- Velocity / RPM Sensors
 - Tachometer biasanya merupakan magnet permanen DC generator kecil. Jika generator berrotasi, akan menghasilkan tegangan DC yang proporsional langsung terhadap kecepatan.
 - Tachometer biasanya dipasang ke motor pada peralatan pengukur kecepatan motor. Kecepatan dari putaran poros diukur menggunakan magnetic pickup sensor. Magnet ditempelkan ke poros.
 - Kumparan kecil yang terletak dekat magnet menerima pulsa setiap kali magnet lewat. Dengan mengukur frekwensi dari pulsa, maka kecepatan poros bisa ditentukan. Tegangan yang keluar adalah sangat kecil, dan membutuhkan proses penguatan (amplifikasi) untuk bisa diukur.



4. Transducer & Sensor

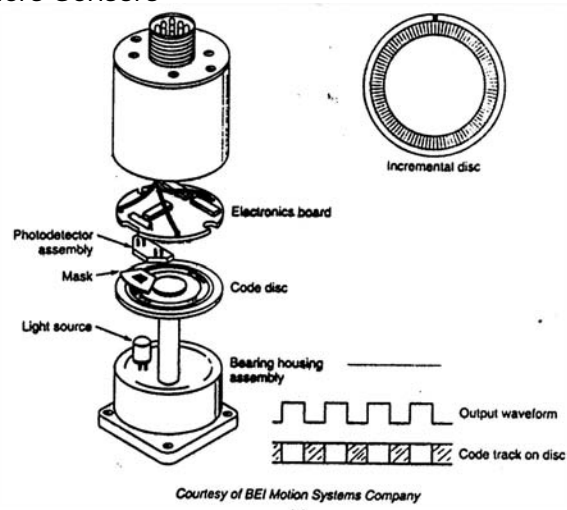
- Encoders Sensors

- Sensor ini berfungsi untuk mengkonversi gerak linear dan rotasi menjadi signal digital. Rotary Encoder memonitor gerak rotasi dari peralatan. Terdapat dua tipe, yaitu :
 1. Incremental Encoder, yang mengirimkan sejumlah pulsa untuk tiap putaran.
 2. Absolute Encoder, yang menampilkan kode biner spesifik untuk perubahan posisi angular dari peralatan.



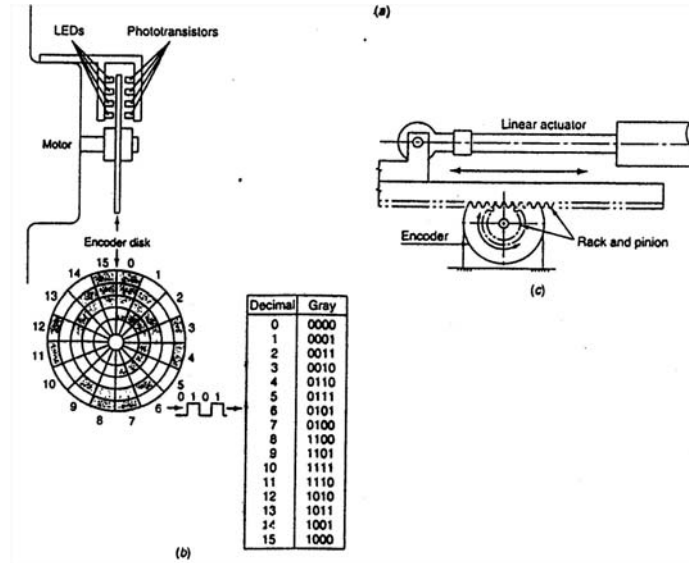
4. Transducer & Sensor

- Encoders Sensors



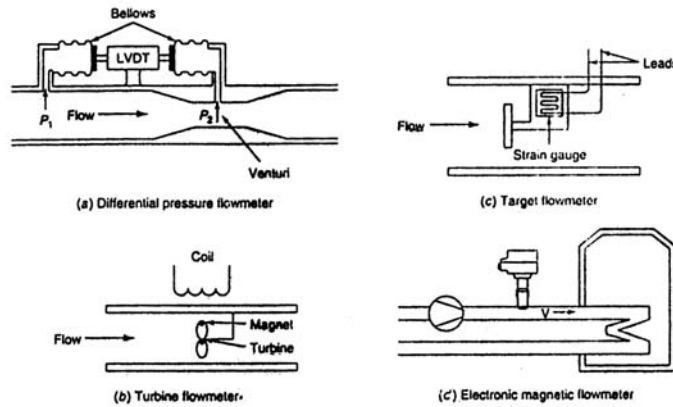
4. Transducer & Sensor

- Encoders
Sensors



4. Transducer & Sensor

- Flow Measurement
 - Menggunakan prinsip mengkonversi energi kinetik dalam aliran fluida ke dalam bentuk yang dapat diukur.



4. Transducer & Sensor

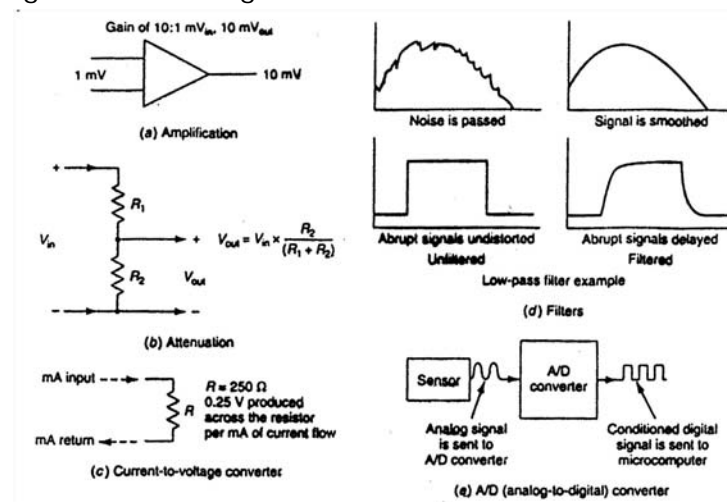
• Signal Conditioning

- Sinyal elektrik yang diproduksi oleh sensor biasanya tidak dapat langsung dipergunakan. Signal Conditioner mengubah sinyal menjadi sinyal yang mudah diukur. Amplifikasi dan atenuasi merupakan teknik signal conditioning yang biasa. Proses amplifikasi dipergunakan jika hasil dari sensor terlalu kecil. Sedangkan atenuasi mereduksi tegangan sebelum diukur. Penyaringan signal untuk mengubah frekwensi juga merupakan teknik yang umum dipakai. Penyaring yang umum antara lain, high pass, yang hanya melewatkan frekwensi yang high saja, bandpass, melewatkan frekwensi pada rentang tertentu, dan low pass, yang melewatkan frekwensi low saja.
- Terkadang signal perlu dikonversikan dari analog ke digital, untuk itu dibutuhkan konverter A/D (Analog Digital), atau sebaliknya D/A (Digital Analog).
- Smart Signal Conditioner adalah alat yang menggunakan prosesor dan memiliki kemampuan untuk mengkonversi signal sensor elektrik.



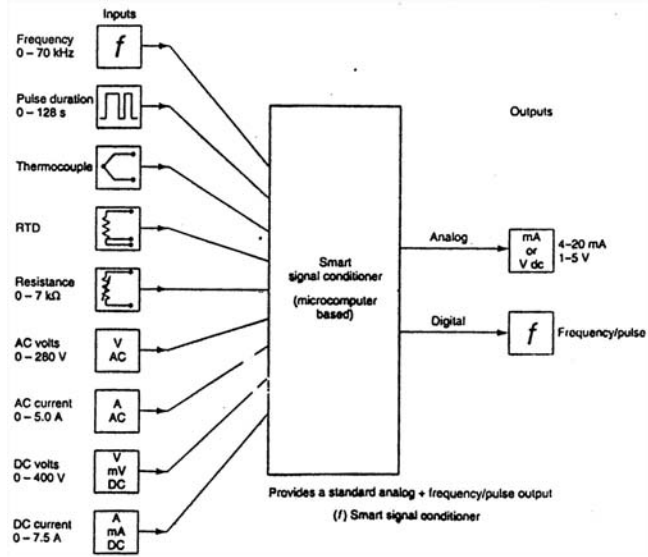
4. Transducer & Sensor

• Signal Conditioning



4. Transducer & Sensor

- Signal Conditioning



5. Aktuator

- Aktuator adalah peralatan yang mengkonversi sinyal elektrik menjadi gerak mekanik.
- Bentuk umum dari aktuator, antara lain : relays, solenoid, dan motors.

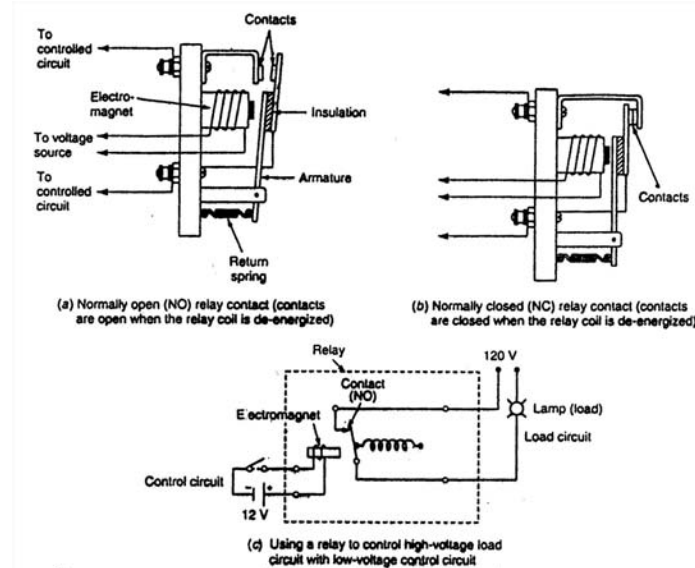
5. Aktuator

- Relays
 - Relay adalah peralatan yang dioperasikan secara elektrik yang secara mekanik akan men-switch sirkuit elektrik.
 - Relay adalah bagian yang penting dalam sistem kontrol, karena kegunaannya dalam kendali jarak jauh, dan mengendalikan listrik tegangan tinggi dengan menggunakan listrik tegangan rendah.
 - Ketika tegangan mengalir ke dalam elektromagnet pada sistem kontrol relay, maka magnet akan menarik lengan logam pada arah magnet, dengan demikian kontak terjadi.
 - Relay bisa memiliki jenis NO atau NC ataupun dua-duanya.



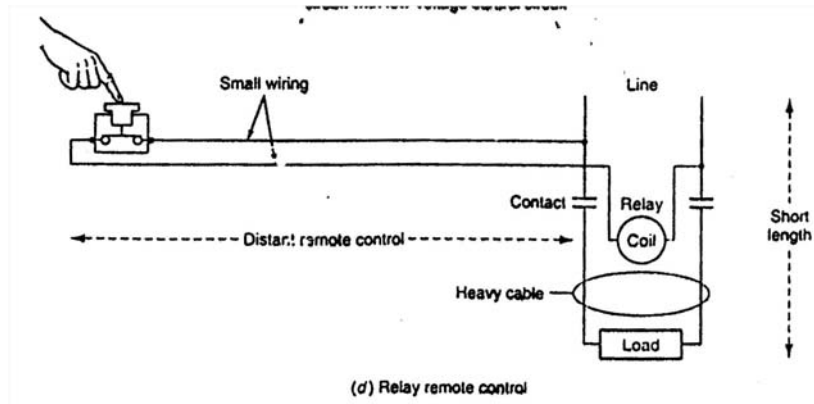
5. Aktuator

- Relays



5. Aktuator

- Relays



5. Aktuator

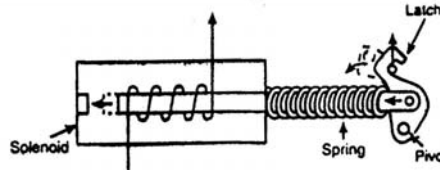
- Solenoids
 - Solenoid adalah peralatan yang dipakai untuk mengkonversi signal elektrik atau arus listrik menjadi gerak linear mekanik.
 - Solenoid dibuat dari kumparan, dan inti besi yang dapat digerakkan.
 - Kekuatan menarik dan mendorong ditentukan oleh jumlah lilitan pada kumparan.
 - Sentakan dari solenoid adalah sangat penting.
 - Sentakan kecil akan dihasilkan tingkat operasi yang tinggi, dan daya yang dibutuhkan juga lebih sedikit.

5. Aktuator

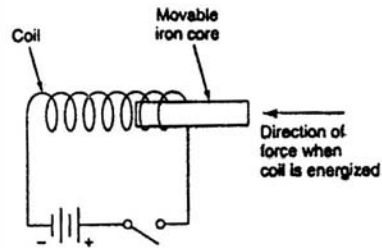
- Solenoids



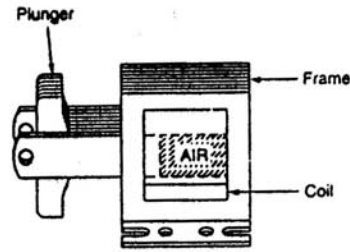
(a) Symbol



(c) Solenoid-operated latch



(b) When energized, the solenoid produces a straight-line mechanical force

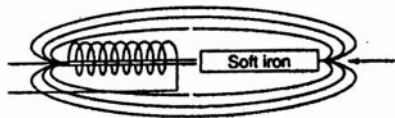


(d) Heavy-duty solenoid

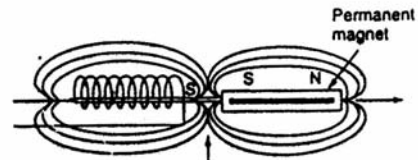


5. Aktuator

- Solenoids



In pulling-type solenoid, magnetic field pulls a core into a coil



Fields in opposition

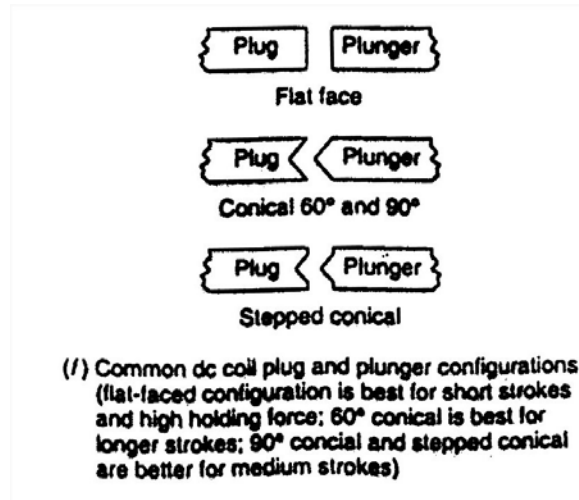
In push-pull solenoid, a permanent magnet is used for the core, and the core is pulled in or pushed out by reversing the direction of current flow through the coil

(e) Solenoid may push or pull, depending on design and application



5. Aktuator

- Solenoids

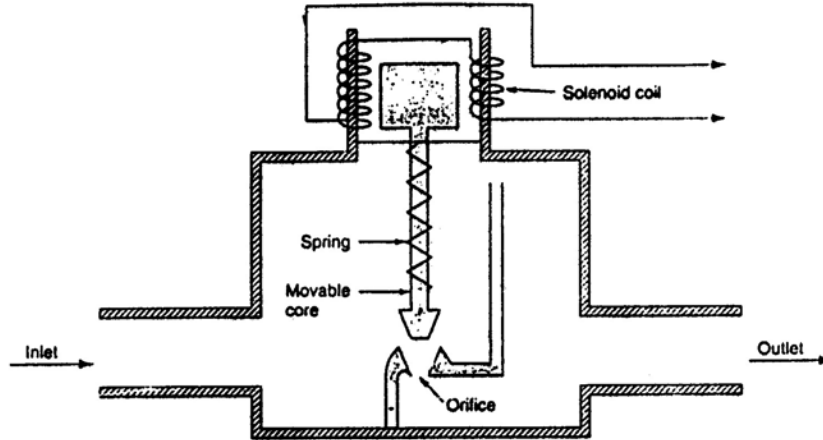


5. Aktuator

- Solenoid Valves
 - Solenoid valve ini merupakan kombinasi dari dua unit fungsional dasar, yaitu:
 1. Solenoid dengan inti dan komponennya.
 2. Badan valve yang dimana terdapat piringan / colokan yang diposisikan untuk menghentikan / mengalirkan aliran.
 - Aliran dapat mengalir tergantung dari gerakan dari inti dan tergantung dari apakah solenoid dialiri arus atau tidak. Jika dialiri arus, maka kumparan akan mendorong inti untuk membuka saluran (valve), dan pada saat tidak dialiri arus, saluran akan dalam keadaan tertutup.
 - Solenoid valve digunakan untuk mengendalikan hidrolik, pneumatik, dan aliran air. Solenoid valve ini cocok untuk digunakan untuk aliran dalam satu arah saja, dengan tekanan yang diberikan pada bagian atas dari piringan saluran.

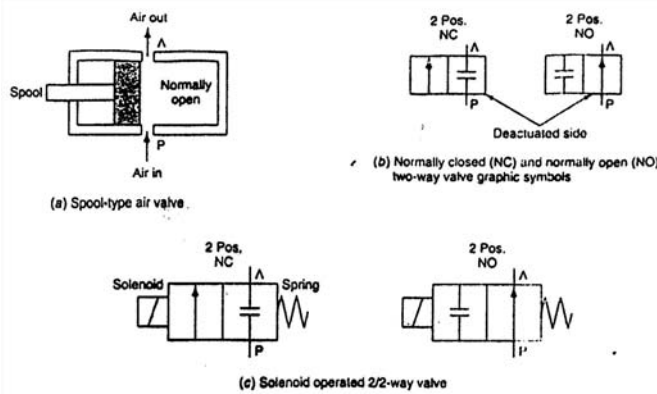
5. Aktuator

- Solenoid Valves



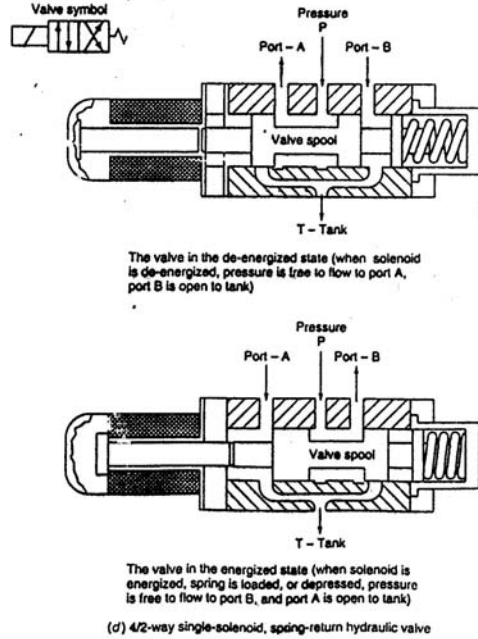
5. Aktuator

- Solenoid Valves
 - Directional valve mengalirkan, menghentikan dan mengatur arah dari aliran. Saluran ini mengalirkan aliran dengan membuka dan menutup jalur aliran dalam posisi saluran yang telah didefinisikan.



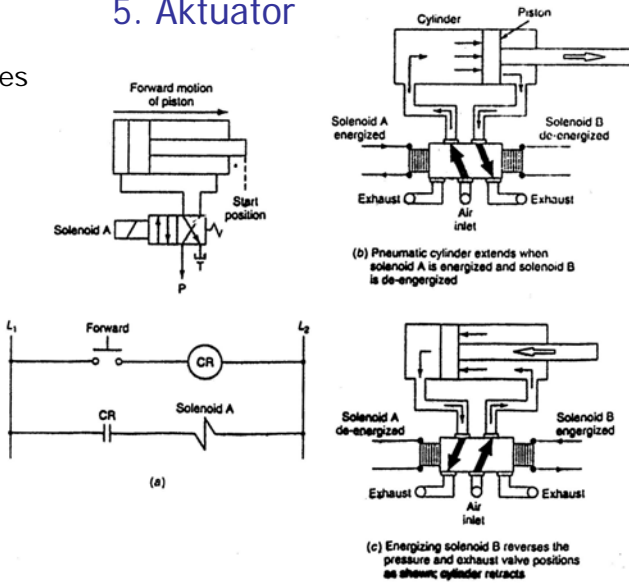
5. Aktuator

- Solenoid Valves



5. Aktuator

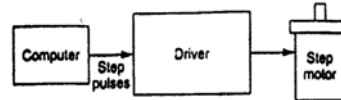
- Solenoid Valves



5. Aktuator

- Stepper Motors

- Stepper Motor mengkonversikan pulsa elektrik yang diberikan padanya menjadi gerakan diskrit rotor yang disebut step.
- Satu putaran motor membutuhkan 360 pulsa.
- Microstep motor membutuhkan ribuan step untuk satu revolusi.
- Stepper motor terdiri dari stator elektromagnet dan rotor magnet permanen.
- Arah dari putaran stepper motor juga dapat ditentukan.
- Jumlah langkah per revolusi ditentukan dari jumlah pasangan kutub pada rotor dan stator.



(a)



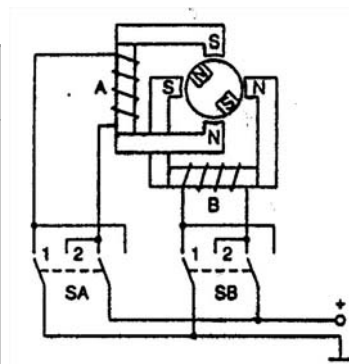
(b)



5. Aktuator

- Stepper Motors

Step	Switch SA	Switch SB	CCW	CW
0	1	1	↓	↑
1	2	1		
2	2	2		
3	1	2	↓	↑
4	1	1		
dst.				



5. Aktuator

- Stepper Motors

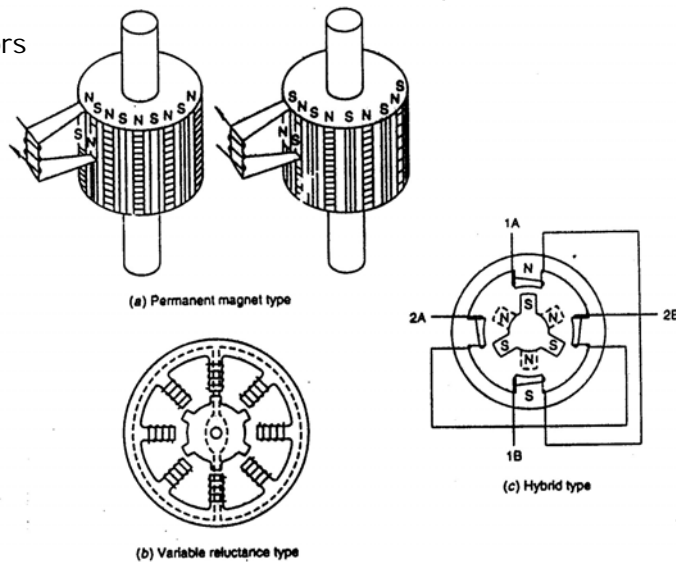
Terdapat tiga tipe stepper motor, yaitu

1. *Permanent Magnet Motors*. Konstruksi ini akan menghasilkan sudut langkah yang besar. Tipe ini cocok untuk diterapkan dalam peralatan komputer.
2. *Variable Reluctant Motors*. Tipe ini tidak memiliki magnet permanen, sehingga dibutuhkan proses pengendalian tersendiri. Tipe ini biasanya dipergunakan dalam aplikasi berskala kecil, misalnya meja mikroposisi.
3. *Hybrid Motors*. Tipe ini menggabungkan kedua tipe di atas. Tipe ini banyak sekali digunakan di industri. Rotor terdiri dari dua keping kutub dengan tiga gigi di atasnya. Diantara kutub terletak magnet permanen yang bermagnet sepanjang aksis dari rotor, dan membuat membuat satu ujung merupakan kutub utara dan ujung lainnya kutub selatan. Gigi, terpasang pada kutub utara ataupun selatan. Stator terdiri dari empat gigi yang memutar sepanjang rotor. Kumparan dililitkan pada gigi stator dan terhubung bersama secara pasangan.



5. Aktuator

- Stepper Motors



5. Aktuator

- Brushless DC Motor
 - DC Brushless Motor adalah motor yang tidak memiliki "brush" ataupun mekanisme komutasi.
 - Brushless DC Motor dipergunakan dalam servo dan sistem robotik.
 - Motor ini memiliki tingkat efisiensi tinggi, panjang umur, suara kecil, dan mengkonsumsi energi yang kecil.
 - Motor ini bukan stepper motor.
 - Motor ini memiliki putaran kontiniu yang lancar, seperti motor magnet dc permanen.

5. Aktuator

- Brushless DC Motor

