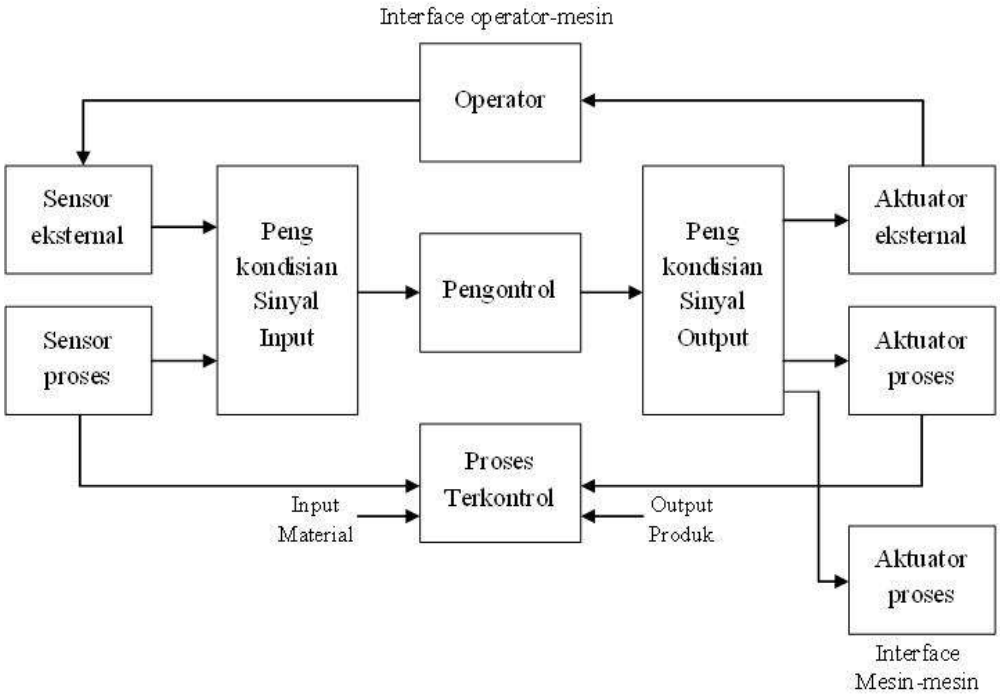
BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2. 1. Sistem Kendali Proses

Konsep sistem kontrol adalah untuk merasakan penyimpangan *output* dari nilai yang diinginkan dan memperbaikinya, sampai *output* yang diinginkan tercapai. Penyimpangan nilai aktual *output* yang diinginkan disebut *error*. Pengukuran kesalahan ini dimungkinkan karena adanya umpan balik. Umpan balik memungkinkan kita untuk membandingkan *output* aktual dengan nilai yang diinginkan untuk menghasilkan *error*. *error* dilambangkan sebagai e(t). nilai yang diiginkan dari *output* juga disebut masukan referensi atau *set point. Error* yang diperoleh ini harus dianalisa untuk mengambil tindakan korektif yang tepat.

Pengendali merupakan elemen yang menerima *error* dalam beberapa bentuk dan memutuskan tindakan korektif yang tepat. *Output* dari pengendali ini kemudian diterapkan pada proses atau elemen kontrol akhir. Hal ini membawa hasilnya kembali ke nilai yang diinginkan *set point*-nya. Pengendali adalah jantung dari sistem kontrol. Keakuratan dari seluruh sistem tergantung pada seberapa sensitif pengendali mendeteksi *error* dan bagaimana memanipulasi *error* seperti itu. Pengendali memiliki logikanya sendiri untuk menangani *error*. Saat ini untuk akurasi yang lebih baik, pengendali digital seperti mikroprosesor, mikrokontroler, komputer digunakan. Pengendali seperti mengeksekusi algoritma tertentu untuk menghitung sinyal yang di manipulasi.([1] Bakshi, U. A., M. V. Bakshi. Modern Control Theory. 2008. Bab 6 hal. 1)

Sistem kontrol proses atau sistem kendali proses dapat didefinisikan sebagai fungsi dan operasi yang perlu untuk mengubah bahan baik secara fisik maupun kimia. Kontrol proses biasanya menunjuk pada pembuatan atau pemrosesan produk pada industri. Gambar 2.1 menunjukkan komponen pokok dari sistem kontrol proses.



Gambar 2.1 Komponen sistem pengontrol proses

Semua komponen yang tertulis pada gambar diatas mempunyai fungsi yang berbeda satu sama lain dan dapat dijelaskan sebagai berikut:

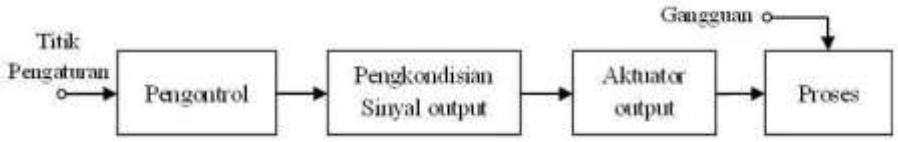
1. *Interface* operator-mesin
   - Memungkinkan input dari manusia untuk mengadakan kondisi *starting* atau mengubah kontrol dari proses.
   - Memungkinkan manusia memberikan *input* melalui berbagai jenis saklar pengontrol dan *keypads*.
   - Mengoperasikan dengan menggunakan *input* yang diberikan. Informasi yang dapat mencakup *emergency* (keadaan darurat) menutup atau mengubah kecepatan, jenis proses yang digerakkan, jumlah batang yang dibuat, atau *reset* untuk pencampur tumpukan.
2. Pengkondisian sinyal
   - Melibatkan pengubahan sinyal *input* dan *output* pada bentuk yang dapat digunakan.
   - Mencakup teknik yang mengkondisikan sinyal, misalnya amplifikasi (penguatan), pelemahan, penyaringan, konverter A/D dan konverter D/A.

3. Aktuator (penggerak)
   - Mengubah sistem sinyal *output* listrik menjadi aksi fisik.
   - Mempunyai penggerak proses yang melibatkan keran kontrol aliran, pompa, penggerak posisi, penggerak kecepatan variabel, kopling, rem, solenoid, motor *stepping*, dan rele daya.
   - Melalui penggerak *eksternal*, misalnya meter, monitor tabung sinar katoda, (*chatode-ray tube* = CRT), printer, tanda bahaya, dan lampu petunjuk, menunjukkan status proses atau nilai dari variabel proses tertentu (*interface* mesin-operator).
   - Dapat mengirimkan output secara langsung dari pengontrol ke komputer untuk penyimpanan data dan menganalisis hasil (*interface* mesin-mesin).
4. Pengontrol
   - Membuat keputusan sistem didasarkan pada sinyal *output*.
   - Membangkitkan sinyal *output* yang mengoperasikan penggerak untuk melakukan keputusan.

Sistem kontrol sendiri dapat diklasifikasikan menjadi 2 macam, yaitu sistem *loop*-terbuka dan sistem *loop*-tertutup.

A. Sistem kontrol *loop*-terbuka

Proses dalam sistem kontrol *loop*-terbuka dikontrol dengan pemberian *input* pada pengontrol titik penyetelan yang dikehendaki (juga disebut komando dan referensi) yang dipercaya perlu mencapai titik pengoperasian ideal untuk proses dan menerima apapun hasil *output*. Karena satu-satunya input pada pengontrol adalah titik yang distel, kelihatan bahwa sistem *loop*-terbuka mengontrol dengan cara buta. Yaitu pengontrol tidak menerima informasi berkaitan status sekarang dari proses atau keperluan untuk setiap aksi pembetulan. Sistem kontrol *loop*-terbuka lebih murah dan tidak begitu kompleks dibandingkan dengan pasangan *loop*-tertutup. Akibat penggunaan yang tidak dapat dihindari adalah kontrol proses yang jelek.

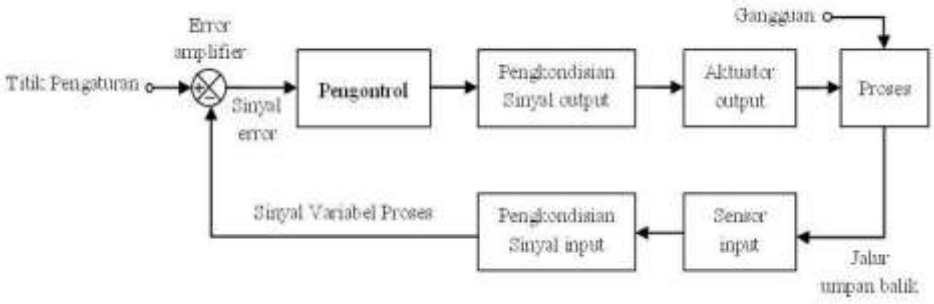


Gambar 2.2 Sistem kontrol *loop*-terbuka

B. Sistem kontrol *loop*-tertutup

Sistem kontrol *loop*-tertutup adalah sistem pada *output* dari proses yang mempengaruhi *input*. Sistem ini mengukur *output* sesungguhnya dari proses dan membandingkannya dengan *output* yang dikehendaki. Pengaturan dibuat secara terus menerus oleh sistem kontrol sampai perbedaan antara *output* yang dikehendaki dan yang sesungguhnya sekecil dan sepraktis mungkin.

Gambar 2.3 melukiskan sistem kontrol *loop*-tertutup. *Output* yang sesungguhnya dirasakan dan umpan balik (karena itu diberi nama kontrol umpan balik) dikurangi dari *input* titik penyetelan yang menunjukkan *output* apa yang dikehendaki. Apabila perbedaan terjadi, sinyal pada pengontrol menyebabkannya bekerja mengubah *output* yang sesungguhnya sampai perbedaan adalah nol.



Gambar 2.3 Sistem kontrol *loop*-tertutup

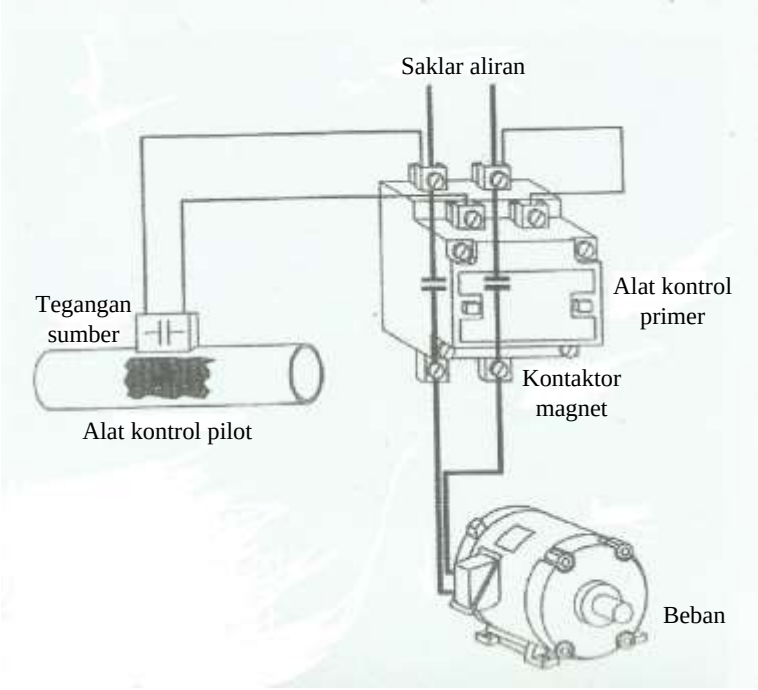
Sistem yang digambarkan pada gambar 2.3 mempunyai komponen sebagai berikut:

1. Titik penyetelan
   - *Input* yang menentukan titik pengoperasian yang dikehendaki selama proses tersebut.
   - Biasanya dilengkapi dengan operator manusia meskipun disuplai juga oleh rangkaian elektronis yang lain.

2. Variabel proses
   - Sinyal yang berisi informasi tentang status proses arus.
   - Menunjuk pada sinyal umpan balik.
   - Secara ideal cocok dengan titik penyetelan (yang menunjukkan bahwa proses bekerja sangat tepat seperti yang dikehendaki).
3. *Error* penguat
   - Menentukan apakah operasi proses cocok dengan titik penyetelan.
   - Sangat sering rangkaian penguat diferensial menyediakan *output* yang disebut sinyal *error* atau sistem deviasi sinyal.
   - *Magnitude* dan polaritas dari sinyal *error* akan menentukan bagaimana proses akan dibawa kembali di bawah kontrol.
4. Pengontrol
   - Menghasilkan sinyal *output* korektif berdasarkan input sinyal error.
5. Penggerak *output*
   - Komponen yang langsung mempengaruhi perubahan proses.
   - Motor, pemanas, dan solenoid adalah contoh penggerak *output*.
     ([11] Petruzella, Frank D.. Elektronik Industri. 2001. Hal. 561-566)

2. 2. Alat Pengendali Industri

Alat pengendali adalah komponen yang mengatur daya yang diberikan pada beban listrik. Semua komponen yang digunakan pada rangkaian pengendali motor dapat dibuat dalam tingkatan baik sebagai alat pengendali primer maupun alat pengendali penunjuk. Alat pengendali primer seperti kontaktor motor, *starter* atau pengontrol (*controller*) menghubungkan beban dengan *line*. Alat pengendali penunjuk, seperti relai atau kontaktor yang mengaktifkan rangkaian daya, mengatur operasi atau kerja alat lain. Yang termasuk alat pengendali penunjuk adalah tombol tekan, saklar aliran, saklar tekanan dan thermostat (gambar 2.4). Alat pengendali penunjuk tidak digunakan untuk saklar beban "*horse power*", kecuali kalau dirancang secara khusus untuk mengerjakannya. Kontak yang dipilih baik unuk alat pengendali primer maupun alat pengendali penunjuk harus mampu menangani tegangan dan arus yang dilewatkan saklar. Pada gambar 2.4, penutupan kontak saklar aliran menyambungkan rangkaian untuk memberi tenaga kumparan kontaktor magnet yang kemudian menyebabkan kontak daya dari kontaktor menutup dan menyambungkan rangkaian utama daya ke motor.



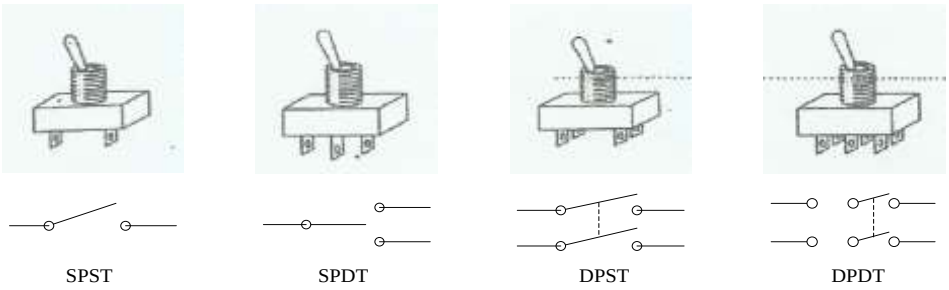
Gambar 2.4 Alat pengendali primer dan alat pengendali penunjuk

2.2.1. Saklar yang dioperasikan secara manual

Saklar yang dioperasikan secara manual adalah saklar yang dikontrol dengan tangan. Jenis-jenis saklar yang dioperasikan manual antara lain:

1. Saklar *togel* (tuas)

   Saklar *togel* adalah contoh saklar yang dioperasikan secara manual. Jenis penghubungan atau susunan kontak ditetapkan dengan singkatan sesuai. Batas kerja listrik dinyatakan dengan tegangan dan arus interupsi maksimum, harga tersebut tidak boleh dilampaui. Saklar yang dirancang untuk bekerja dengan 5 A tidak akan bertahan lama pada rangkaian yang harus memutuskan 10 A. Ukuran kerja untuk AC dan DC juga tidak sama untuk suatu saklar. Ukuran kerja untuk arus DC saklar harus mempunyai *magnitude* lebih rendah dibandingkan dengan ukuran kerja AC.



(a). Lubang tunggal dengan lemparan tunggal.

(b). Lubang tunggal dengan dua lemparan

(c). Dua lubang dengan lemparan tunggal.

(d). Dua lubang dengan dua lemparan

Gambar 2.5 Saklar *togel*

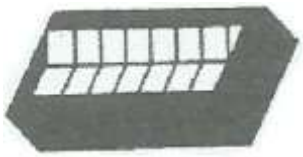
2. Saklar geser

Saklar geser menggunakan aksi penggeseran sederhana utuk menghasilkan hubungan yang sama dengan saklar *togel*, kecuali untuk jenis aksi kerja yang berbeda kutub-kutub yang dihubungkan mencapai hasil yang sama. Saklar geser sering digunakan untuk saklar *mode* untuk memilih *mode* tertentu dari operasi *HIGH* dan *LOW*.

Gambar 2.6 Saklar geser

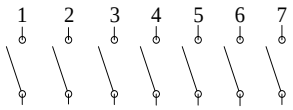
3. Saklar DIP (*Dual In-Line Package*)

Saklar DIP adalah saklar kecil yang dirancang untuk dirakit pada tempat hubugan dengan PCB atau *printed circuits boards*. Terminal atau paku pada bagian bawah saklar DIP sama ukuran dan spasinya dengan *Chip Integrated Circuits* (IC). Saklar individual kemungkinan jenis *togel*, *rocker*, atau geser. Saklar *rocker* sendiri merupakan saklar geser yang dimodifikasi. Dengan menekan satu sisi mekanis lengan *rocker*, meyebabkan geseran menjadi dipaksa pada arah yang berbeda. Susunan saklar jarang diubah dan perubahan biasa terjadi selama pemasangan, pengujian, dan pencarian kesalahan.



Terbuka

(a). Jenis rocker



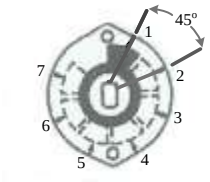
(b). Susunan pensaklaran

Gambar 2.7 Saklar DIP

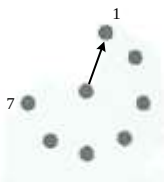
4. Saklar *rotari*

Saklar rotari sering digunakan untuk operasi penghubungan yang kompleks, misalnya penghubungan yang dijumpai pada osiloskop dan multimeter. Jenis saklar ini kadang-kadang disebut saklar *wafer* sebab poros utama melewati pusat dari satu atau lebih *wafer* keramik, *fiberglass* atau *phenolic* pada tempat terminal dan kontak dipasangkan. Bagian pusat dari masing-masing wafer dapat diputar, melalui kontak bersama menuju satu pusat dari beberapa kontak diam (*stationary*) yang dipasangkan di sekitar *wafer*.

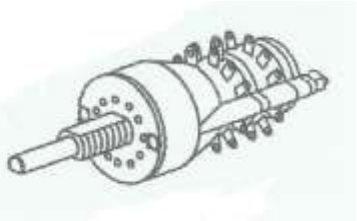
Saklar rotari juga mempunyai beberapa susunan bagian saklar pada satu poros. Ini memungkinkan kontak-kontak untuk berubah secara serentak dan berurutan.



(a) Diagram wafer – satu lubang tujuh posisi



(b) Susunan pensaklaran

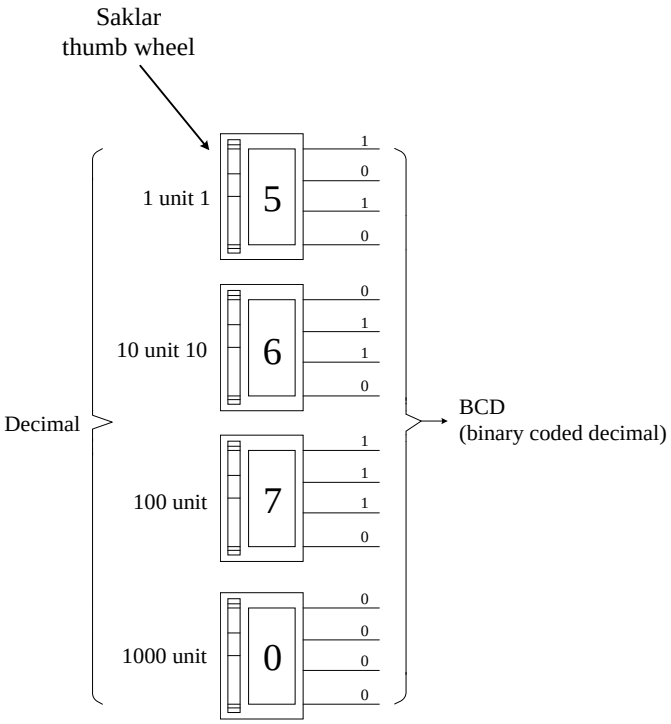


(c) Multidek

Gambar 2.8 Saklar *rotary*

5. Saklar *thumb wheel*

Saklar *thumb wheel* digunakan pada alat numerik dan alat-alat yang dikontrol komputer untuk memberi *input* informasi dari operator ke komputer. *Deck output*-nya yang secara khusus dibuat desimal dikodekan biner (*binary coded decimal*/BCD), kode desimal atau kode heksa desimal perlu berkomunikasi dengan komputer *digital*. Gambar 2.9 menunjukkan saklar *thumb wheel* empat gang yang disusun, memberikan *input* bilangan desimal 5670.



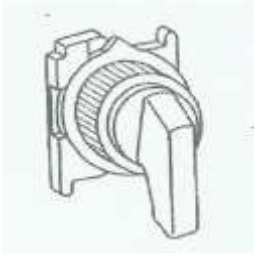
Kontrol urutan langkah

Posisi dial	Biasa untuk 1	2	4	8
0				
1	*			
2		*		
3	*	*		
4			*	
5	*		*	
6		*	*	
7	*	*	*	
8				*
9	*			*

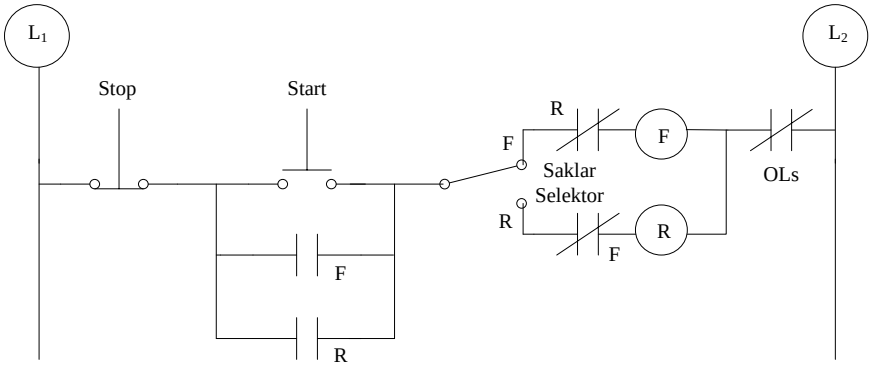
Gambar 2.9 Saklar *thumb wheel*

6. Saklar pemilih (selektor)

Saklar pemilih adalah saklar yang dioperasikan secara manual yang banyak dijumpai. Posisi saklar dibuat dengan memutar kenop operator ke kanan atau ke kiri. Saklar pemilih dapat mempunyai posisi selektor dua atau lebih, dengan posisi kontak bertahan atau kembali dengan pegas untuk memberikan operasi kontak sebentar.



(a) Operator saklar selektor

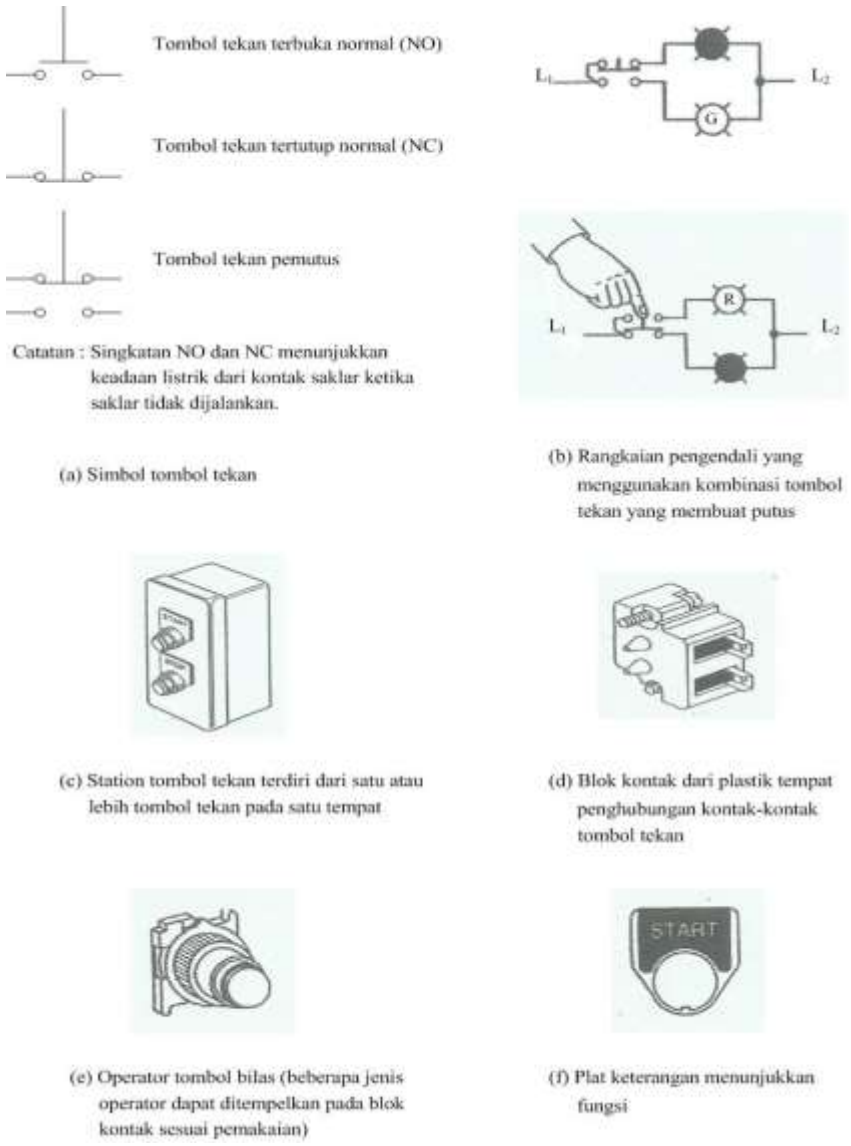


(b) Rangkaian kontrol untuk saklar selektor
digunakan untuk membalik arah putaran motor

Gambar 2.10 Saklar pemilih (selektor)

7. Tombol tekan

Tombol tekan adalah bentuk yang paling umum dari pengendali manual yang dijumpai di industri. Tombol tekan NO (*Normally Open*) menyambung rangkaian atau menghubungkan rangkaian ketika tombol ditekan dan kembali pada posisi terbuka ketika tombol dilepas. Tombol tekan NC (*Normally Close*) membuka rangkaian apabila tombol ditekan dan kembali pada posisi menutup ketika tombol dilepaskan. Tombol tekan yang membuat lepas digunakan untuk pengendali *interlocking*. Pada bagian ini bagian atas adalah NC, sedangkan bagian bawah tertutup adalah NO. Ketika tombol ditekan, kontak bagian bawah tertutup sesudah kontak bagian atas membuka. Apabila mempunyai lebih dari satu tombol tekan pada enklasur itu disebut *station* tombol tekan. Tombol tekan terdiri dari satu atau lebih blok kontak, alat operator dan pelat keterangan.

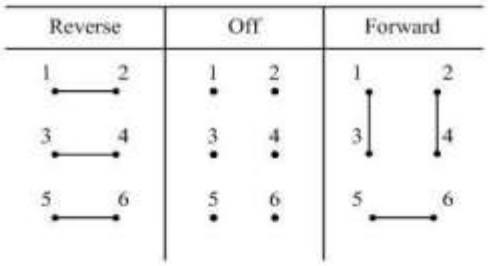


Gambar 2.11 Simbol kontak dan bagian-bagian tombol tekan

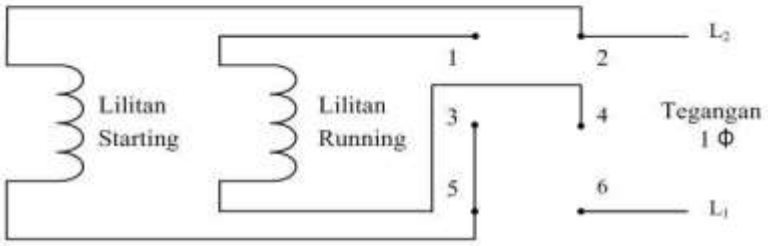
8. Saklar *drum*

Saklar *drum* terdiri dari seperangkat kontak bergerak yang terpasang dan diisolasi dengan poros berputar. Saklar drum juga mempunyai seperangkat kontak diam yang menyambung dan memutus kontak dengan kontak yang bergerak pada waktu rotor diputar. Saklar drum digunakan untuk starting dan membalik arah putaran motor sangkar, motor satu fasa yang dirancang untuk pelayanan pembalikan, dan motor DC *shunt* dan motor DC *compound*.

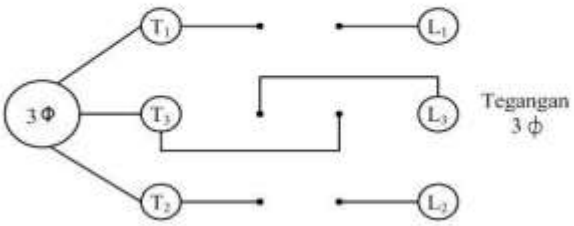
(a) Saklar



(b) Susunan penghubungan internal



(c) Pembalikan motor satu fasa – diagram pengawatan



(d) Pembalikan motor tiga fasa – diagram pengawatan

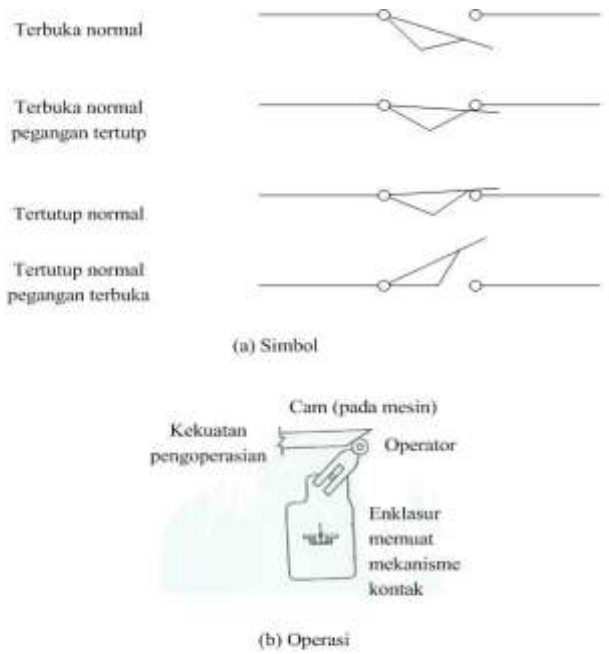
Gambar 2.12 Saklar *drum* untuk pembalikan putaran

2.2.2. Saklar yang dioperasikan secara mekanis

Saklar yang dioperasikan secara mekanis adalah saklar yang dikontrol oleh faktor-faktor secara otomatis. Adapun jenis-jenisnya antara lain:

1. Saklar *limit*

Saklar limit adalah alat pengendali industri yang sangat umum. Saklar limit dirancang hanya untuk beroperasi apabila batas yang sudah ditentukan sebelumnya sudah dicapai, dan saklar-saklar tersebut biasanya diaktifkan kontak dengan objek misalnya cam. Alat tersebut mengganti operator manusia. Saklar-saklar tersebut sering digunakan pada rangkaian pengendali dari mesin yang memproses untuk pengaturan *starting*, *stopping*, atau pembalikan motor.

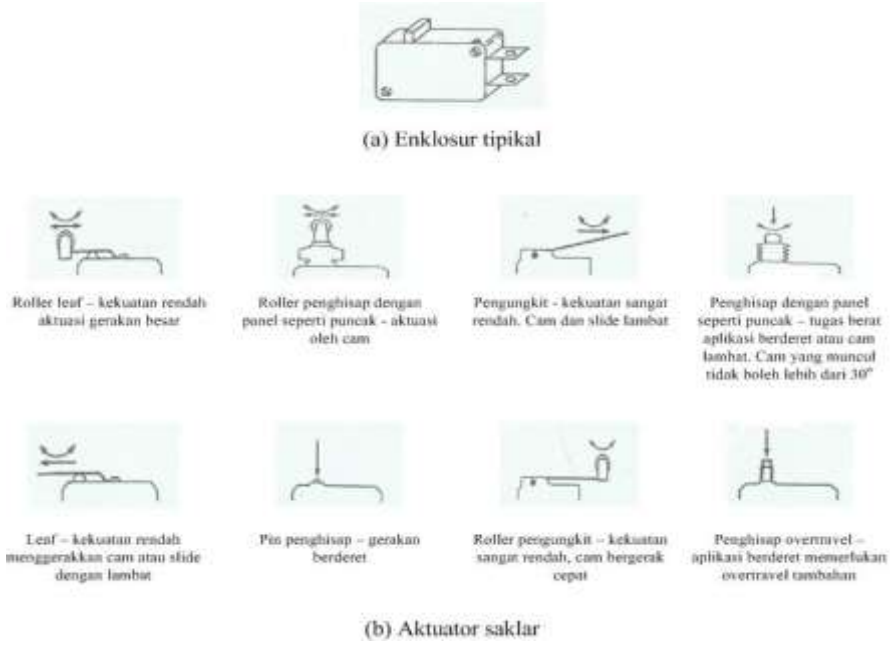


Gambar 2.13 Saklar *limit*

2. Saklar mikro

Saklar mikro adalah saklar "*snap acting*" yang ditempatkan pada rumah kecil. Pada saklar *snap-acting*, seperti pada saklar *togel*, penghubungan yang aktual dari rangkaian terjadi pada kecepatan tertentu, tidak peduli bagaimana gerakan mekanisme yang mengaktifkan bergerak dengan cepat atau lambat.

Ukuran yang kecil dan tuas yang bermacam-macam membuat saklar mikro sangat bermanfaat sebagai saklar limit. Saklar itu dapat bekerja dengan tekanan yang kecil pada pengoperasian tuas yang memungkinkan sensitifitas yang besar.

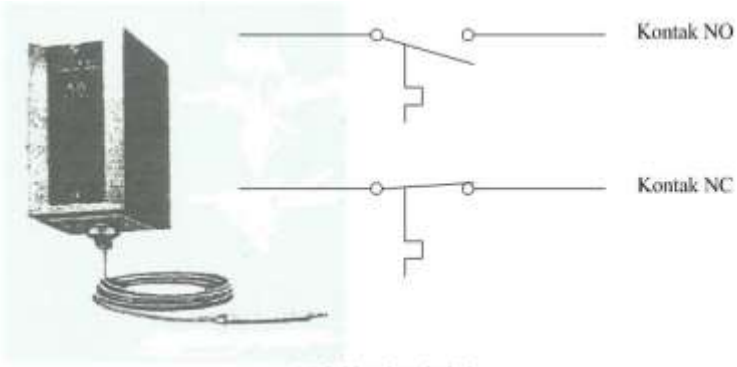


Gambar 2.14 Saklar mikro

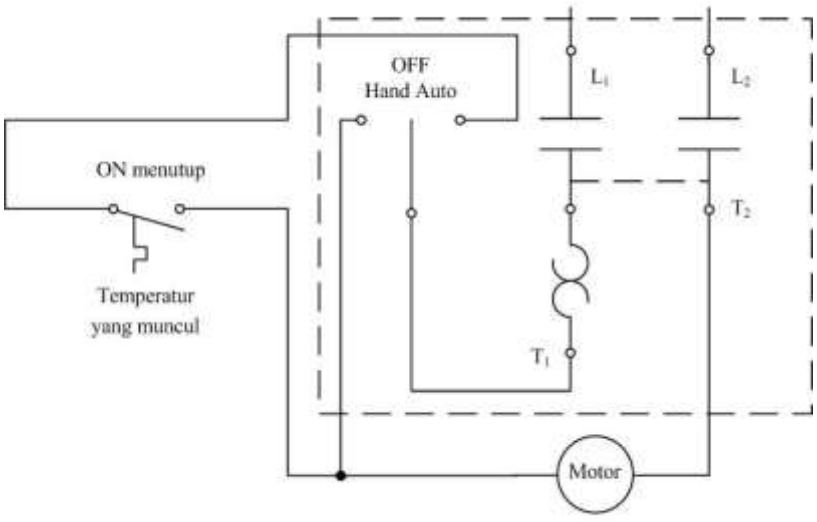
3. Saklar suhu

Saklar suhu atau thermostat digunakan untuk merasakan perubahan suhu. Meskipun ada beberapa jenis semua dijalankan dengan perubahan suhu lingkungan yang tertentu. Saklar suhu membuka atau menutup ketika suhu yang ditentukan dicapai. Pemakaian industri untuk alat ini termasuk mempertahankan rentang suhu yang dikehendaki dari udara, gas, cairan atau benda padat.

Saklar suhu sama dengan saklar tekanan, tetapi berbeda pada bagian yang tertutup digunakan sistem balon yang diisi secara kimiawi. Tekanan pada sistem berubah sebanding dengan suhu bola. Medium yang merspon suhu pada sistem ini adalah cairan yang mudah menguap yang tekanan uapnya meningkat jika suhu dalam bola meningkat. Sebaliknya jika suhu dalam bola menurun, maka tekanan uap juga ikut menurun. Perubahan tekanan diteruskan ke balon melalui pipa kapiler yang mengoperasikan saklar presisi pada pengaturan yang sudah ditentukan sebeumnya.



(a) Saklar dan simbol

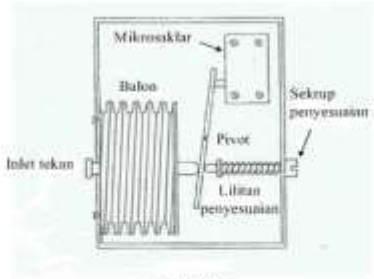


(b) Saklar temperatur digunakan untuk mengontrol motor secara otomatis

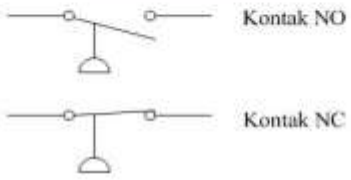
Gambar 2.15 Saklar suhu

4. Saklar tekanan

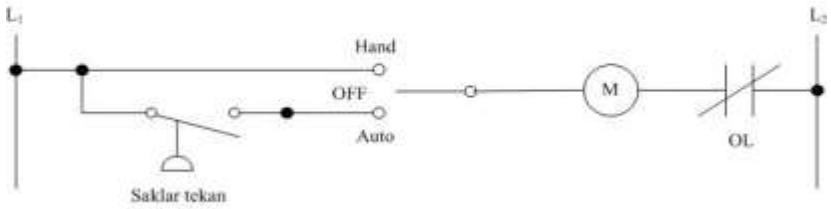
Saklar tekanan digunakan untuk mengontrol tekanan cairan dan gas. Lagipula, meskipun ada banyak jenisnya pada dasarnya dirancang untuk menjalankan (membuka atau menutup) kontak-kontaknya apabila tekanan tertentu tercapai. Saklar tekanan adalah saklar yang dioperasikan dengan udara (secara *pneumatic*). Umumnya balon atau diafragma menekan terhadap saklar mikro dan menyebabkan saklar membuka atau menutup.



(a) Balon



(b) Saklar dan simbol

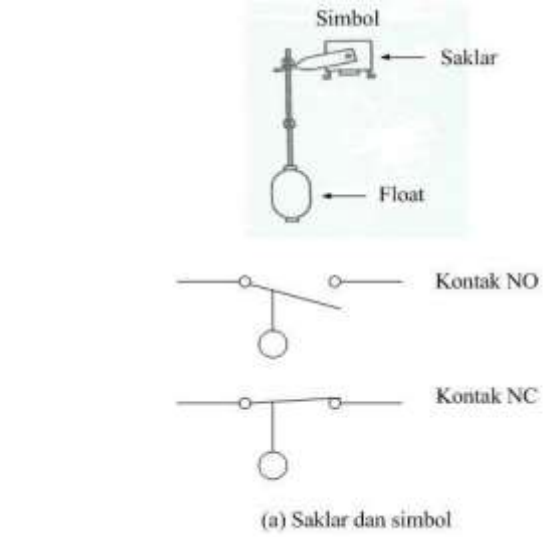


(c) Stater dioperasikan dengan saklar tekan

Gambar 2.16 Saklar tekanan

5. Saklar level

Saklar level digunakan untuk merasakan tinggi cairan. Kenaikan atau penurunan pengapung yang secara mekanis dipasang pada saklar level akan mengkait atau menggerakkan saklar level. Saklar level itu sendiri digunakan untuk mengontrol pompa yang menggerakkan motor yang kosong atau mengisi tangki. Saklar level juga digunakan untuk membuka atau menutup kran solenoid pipa untuk mengontrol cairan.



Gambar 2.17 Saklar level

([11] Petruzella, Frank D.. Elektronik Industri. 2001. Hal. 143-155)

Masih menurut Frank D. Petruzella dalam bukunya Elektronik Industri, bahwa untuk kondisi yang lebih kompleks maka digunakan sensor elektronis sebagai alat pengendali di Industri. Untuk membahas hal-hal yang terkait dengan sensor elektronis secara lebih luas, maka sensor elektronis akan dibahas khusus di sub bab 2.3 pada bab ini.

2. 3. Sensor dan Transduser

Sensor adalah sebuah transduser yang digunakan untuk mengukur variabel fisik yang diinginkan. Sedangkan, Transduser adalah alat yang digunakan untuk mengubah satu jenis variabel fisik, seperti gaya, tekanan, temperatur, kecepatan, laju aliran, dan lain-lain ke bentuk lain. Konversi tegangan listrik umum dilakukan, dengan alasan bahwa sinyal yang dikonversi sesuai atau lebih mudah digunakan dan dievaluasi. Beberapa sensor dan transduser yang umum digunakan diantaranya pengukur regangan (kekuatan dan tegangan), *thermocouple* (suhu), *speedometer* (kecepatan), dan tabung percontohan (laju aliran).

Setiap sensor atau transduser membutuhkan kalibrasi agar dapat digunakan sebagai alat ukur. Kalibrasi adalah prosedur dimana hubungan antara variabel yang diukur dan *output* yang dikonversi ditentukan.

Sensor dan transduser dapat diklasifikasikan dalam dua tipe utama tergantung pada bentuk sinyal yang dikonversinya. Dua tipe tersebut antara lain:

A. Transduser analog.

   Transduser analog memberikan sinyal analog kontinyu seperti tegangan atau arus listrik. Sinyal ini dapat diartikan sebagai nilai variabel fisik yang diukur.

B. Transduser digital.

   Transduser digital menghasilkan sinyal keluaran digital, baik dalam bentuk satu set status bit paralel ataupun serangkaian pulsa yang dapat dihitung. Pada kedua bentuk tersebut, sinyal digital merupakan nilai dari variabel yang diukur. Transduser digital menjadi lebih populer karena kemudahannya yang dapat dibaca sebagai alat ukur secara terpisah. Selain itu juga menawarkan keuntungan dalam otomatisasi dan kontrol proses yang umumnya lebih kompatibel dengan komputer digital dari sensor berbasis analog.

Agar berguna sebagai alat ukur, dalam otomatisasi industri dan aplikasi lain, sensor harus memiliki fitur-fitur tertentu. Ada tujuh fitur yang perlu diperhatikan dalam memilih sensor yang terbaik dan sesuai. Fitur-fitur tersebut adalah:

- Akurasi.

  Keakuratan pengukuran harus setinggi mungkin. Akurasi ditafsirkan bahwa tidak adanya kesalahan baik positif atau negatif dari nilai variabel sebenarnya yang sistematis dalam pengukuran. Di banyak pengukuran variabel, kesalahan rata-rata antara nilai aktual dan nilai yang dirasakan cenderung nol.
- Presisi.

  Ketepatan pengukuran harus setinggi mungkin. Presisi berarti bahwa nilai variabel acak bernilai kecil atau tidak ada dalam variabel yang diukur. Penyebaran nilai-nilai dari serangkaian pengukuran akan diminimalkan.
- Rentang operasi.

  Sensor harus memiliki jangkauan operasional yang luas dan harus akurat, serta tepat pada setiap jangkauan.
- Kecepatan respon.

  Sensor dan transduser harus mampu menanggapi perubahan dalam variabel yang dirasakan dalam waktu yang minimal. Idealnya, respon akan seketika.
- Kalibrasi.

  Sensor harus mudah dikalibrasi. Waktu dan kesulitan yang dibutuhkan saat prosedur kalibrasi harus minimun. Selanjutnya, sensor seharusnya tidak memerlukan kalibrasi ulang yang sering. Istilah dari sensor secara bertahap terhadap waktu dan penggunaannya, dan akan memerlukan kalibrasi ulang.
- Keandalan.

  Sensor harus memiliki keandalan yang tinggi. Seharusnya tidak tergantung pada seringnya kegagalan selama operasi.
- Biaya dan kemudahan operasi.

  Biaya pembelian, pemasangan, dan pengoperasian sensor harus serendah mungkin. Selanjutnya, keadaan ideal instalasi dan pengoperasian perangkat tidak memerlukan operator yang sangat terampil yang dilatih khusus.([6] Groover, Mikell P., dkk.. Industrial Robotics: Technology, Programming, and Applications. 2008. Hal. 144-145)

Persyaratan untuk pemakaian yang lebih baik dari produksi permesinan dan peralatan perakitan, juga untuk meningkatkan keselamatan manusia dan permesinan, dengan terus menerus memaksakan tuntutan baru pada peralatan yang otomatis. Dalam banyak hal ini hanya mungkin untuk memperoleh sinyal dengan metode penyesuaian jarak dekat setiap sinyal dapat juga diperoleh dengan menggunakan elemen sinyal. Ada dua prinsip yang tersedia, diantaranya:

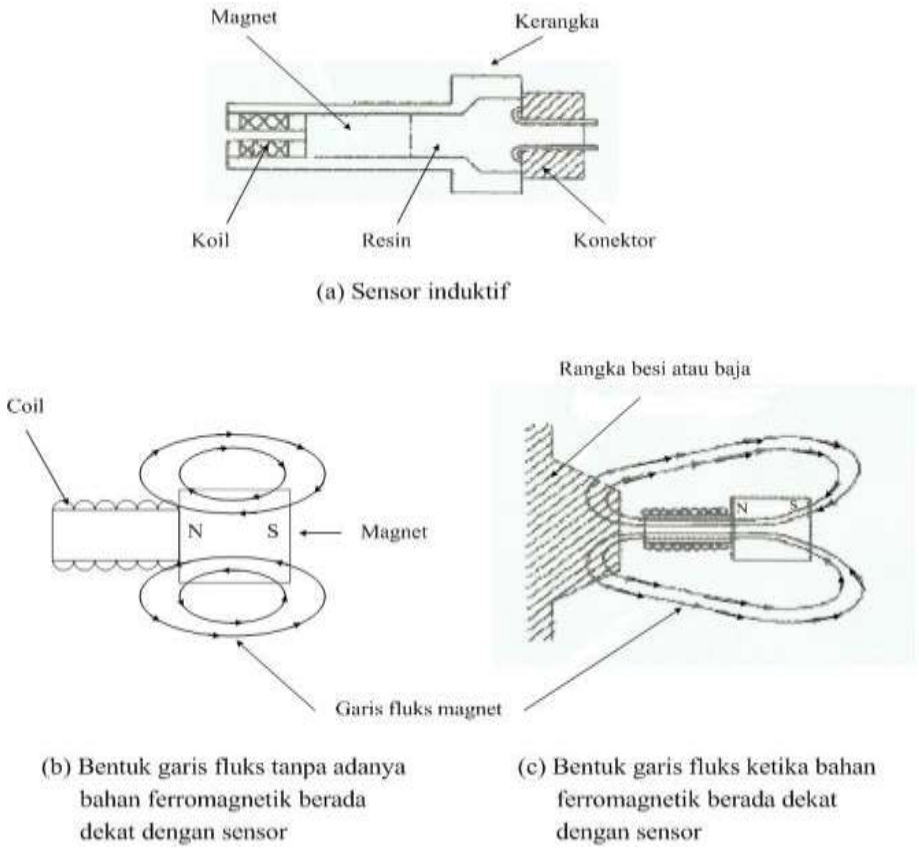
A. Prinsip pancaran bebas.
B. Prinsip sensor tekanan balik. ([12] Sugiharto, Drs. (1985). Dasar-dasar Kontrol Pneumatik. 1985. Hal. 177)

Ada banyak sensor yang digunakan sebagai alat pengendali di lingkungan indusri, namun terdapat beberapa sensor yang umum digunakan di lingkungan industri. Sensor-sensor tersebut diantaranya adalah sensor suhu, sensor tekanan, sensor kecepatan, dan sensor kedekatan (*proximity*). Khusus sensor terakhir, mempunyai jenis yang sangat banyak. Adapun jenis-jenis *proximity*, diantaranya:

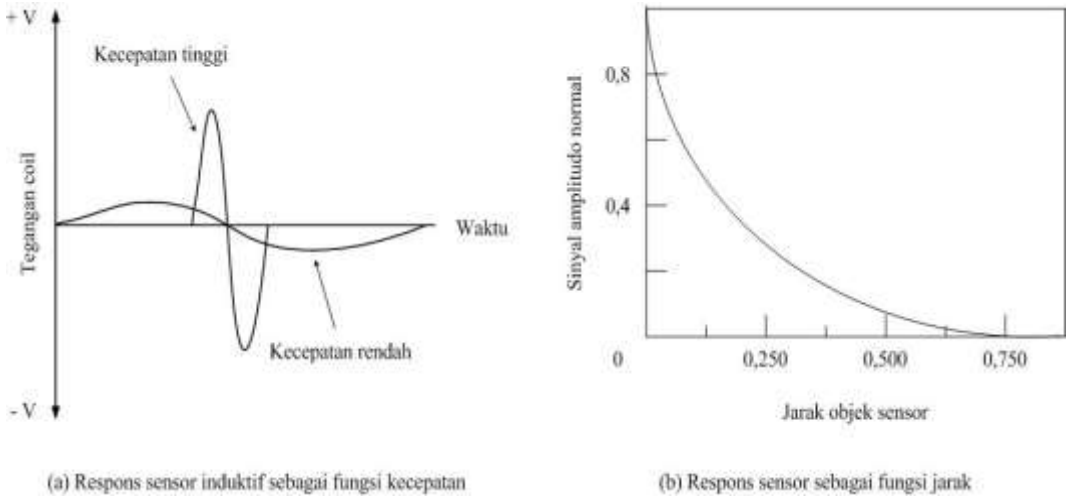
1. Sensor induktif

   Sensor proximity yang berdasar atas perubahan induktansi karena adanya benda logam adalah salah satu yang paling banyak digunakan di industri. Efek dari sensor yang berada di dekat bahan ferromagnetic menyebabkan perubahan pada posisi garis fluks magnet permanen. Dalam kondisi statis tidak ada gerakan dari garis fluks dan menyebabkan tidak ada arus yang diinduksi dalam kumparan.

   Polaritas tegangan dari sensor tergantung pada apakah objek tersebut memasuki atau meniggalkan medan magnet. Karena sensor membutuhkan gerak untuk menghasilkan gelombang keluaran, satu pendekatan untuk menghasilkan sinyal biner adalah untuk mengintegrasikan gelombang ini. Output biner masih rendah asalkan nilai integral masih di bawah batas yang ditentukan, dan kemudian beralih ke tinggi (menunjukkan keadaan objek) ketika ambang batas terlampaui.



Gambar 2.18 Sensor induktif dan bentuk garis fluks sensor induktif



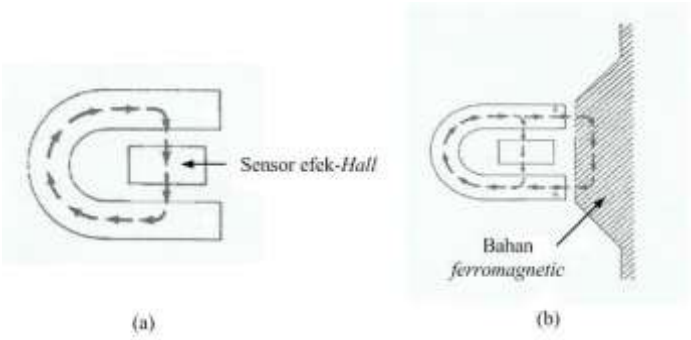
Gambar 2.19 Respons sensor induktif

2. Sensor efek-Hall

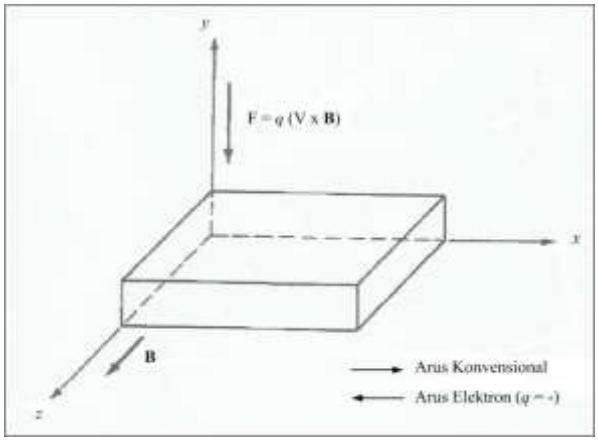
Ilmu fisika dasar merupakan dasar dari prinsip kerja efek-Hall, yaitu yang berkaitan tegangan antara dua titik dalam sebuah bahan bahan konduktor atau semi koduktor pada medan magnet yang dihasilkan bahan tersebut. Ketika sensor efek-Hall berdiri sendiri maka sensor tersebut hanya dapat mendeteksi benda-benda magnet. Namun, bila dihubungkan dengan magnet permanen dalam satu konfigurasi, sensor efek-Hall mampu mendeteksi semua bahan ferromagnetic. Ketika digunakan cara ini, perankat efek-Hall mendeteksi medan magnet yang kuat tanpa logam ferromagnetik di dekatnya. Ketika bahan tersebut berada dekat dengan perangkat efek-Hall, medan magnet pada sensor melemah karena bahan yang dilalui garis-garis medan menjadi lentur.

Sensor efek-Hall didasarkan pada prinsip gaya Lorentz yang bekerja pada sebuah partikel bermuatan yang melalui medan magnet. Gaya ini bekerja pada sumbu tegak lurus terhadap bidang yang dibentuk oleh arah gerak partikel bermuatan dengan arah medannya. Membawa magnet ferromagnetic dekat ke perangkat magnet semikonduktor akan mengurangi kekuatan medan magnet, sehingga mengurangi gaya Lorentz dan menyeimbangkan tegangan pada semikonduktor. Penurunan tegangan ini adalah kunci untuk penginderaan jarak dengan sensor efek-Hall. Penetapan biner yang terkait dengan adanya objek dibuat berdasarkan nilai ambang batas tegangan dari sensor.

Ada hal yang menarik untuk dicatat, ketika menggunakan bahan semikonduktor seperti silikon, memiliki sejumlah keunggulan dalam hal ukuran, kekerasan, dan ketahanan terhadap gangguan listrik. Selain.itu, penggunaan bahan semikonduktor memungkinkan konstruksi sirkuit elektronik untuk amplifikasi dan deteksi langsung pada sensor itu sendiri.



Gambar 2.20 Operasi sensor efek-Hall yang dihubungkan dengan magnet permanen



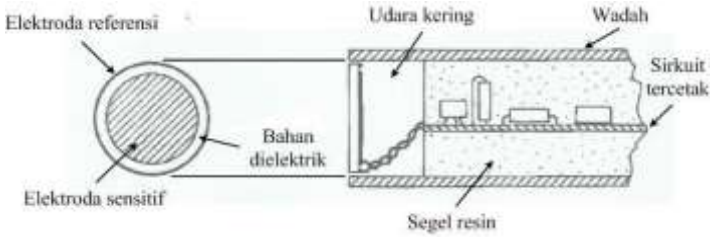
Gambar 2.21 Pembangkit tegangan Hall

3. Sensor kapasitif

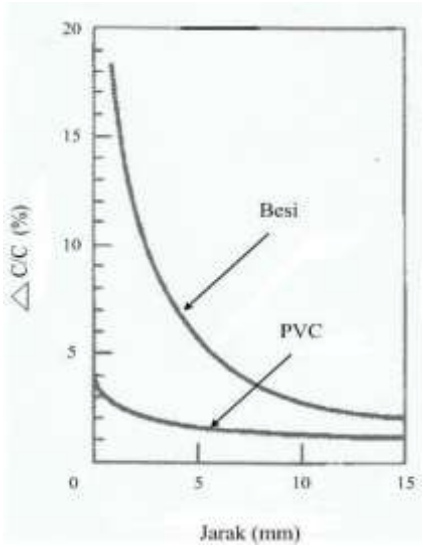
Sensor kapasitif berpotensi mampu (dengan berbagai sensitivitas) mendeteksi semua bahan padat dan cair. Seperti namanya, sensor ini didasarkan pada deteksi perubahan kapasitansi yang disebabkan oleh permukan yang didekatkan pada elemen penginderaan.

Elemen penginderaan tersebut adalah kapasitor yang terdiri dari elektroda sensitive dan elektroda referensi. Dapat berupa, piringan logam dan cincin penguat yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik. Ada sejumlah pendekatan elektronik untuk mendeteksi kedekatan yang didasarkan pada perubahan kapasitansi. Salah satu yang paling sederhana meliputi kapasitor sebagai bagian dari rangkaian osilator yang dirancang sedemikian rupa sehingga osilasi dimulai hanya ketika kapasitansi dari sensor melebihi nilai ambang batas yang telah ditetapkan.

Ada hal yang menarik untuk dicatat bahwa sensitivitas menurun tajam melewati beberapa millimeter, dan bahwa bentuk kurva respon tergantung pada bahan yang sedang dirasakan. Biasanya, sensor ini dioperasikan dalam mode biner sehingga perubahan kapasitansi lebih besar dari ambang batas yang telah ditetapkan.



Gambar 2.22 Sensor proximity kapasitif



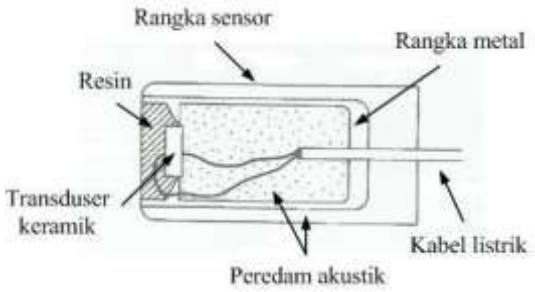
Gambar 2.23 Respons (perubahan persen dalam kapasitansi) dari sensor proximity kapasitif sebagai fungsi jarak

4. Sensor ultrasonik

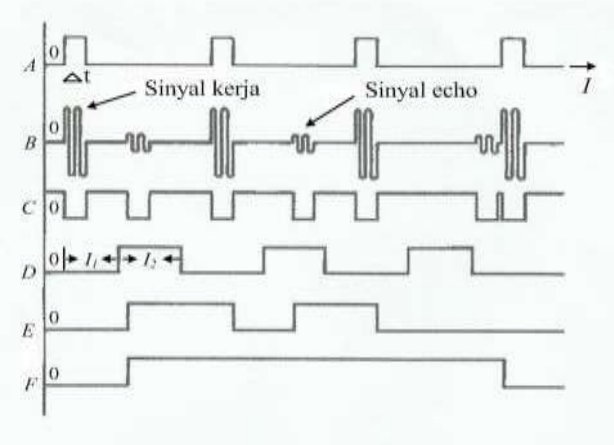
Elemen dasar sensor ultrasonik adalah transduser elektro akustik, sering kali dari jenis keramik piezoelektrik. Lapisan resin melidungi transduser terhadap kelembaban, debu, dan faktor lingkungan lainnya. Selain itu, lapisan resin juga bekerja sebagai pencocok impedansi akustik. Karena transduser yang sama umumnya digunakan baik untuk transmisi atau sisi kirim maupun sisi terima, redaman yang cepat dari energy akustik diperlukan untuk

mendeteksi objek jarak dekat. Hal ini dilakukan dengan cara memasang peredam akustik, dan melepas kopling transduser dari rangkanya. Kerangka ini dirancang sedemikian rupa sehingga menghasilkan sinar akustik yang sempit untuk transfer energi yang efisien dan sinyal yang terpusat.

Pengoperasian sebuah sensor proximity ultrasonik paling baik dipahami dengan menganalisis bentuk gelombang yang digunakan baik untuk transmisi maupun deteksi sinyal akustik.



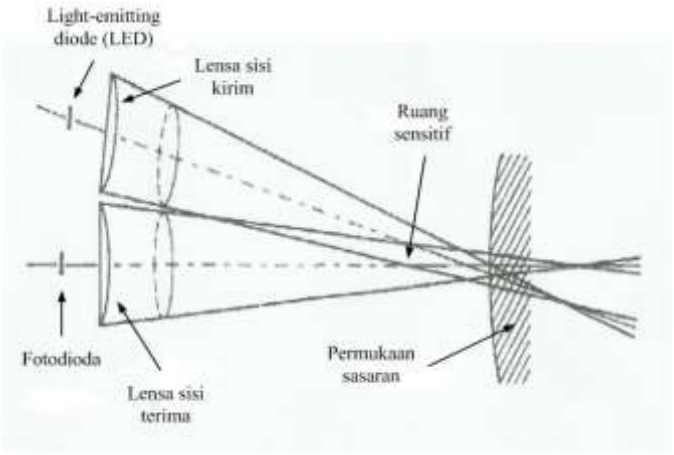
Gambar 2.24 Sensor proximity ultrasonik



Gambar 2.25 Bentuk-bentuk gelombang sensor proximity ultrasonic

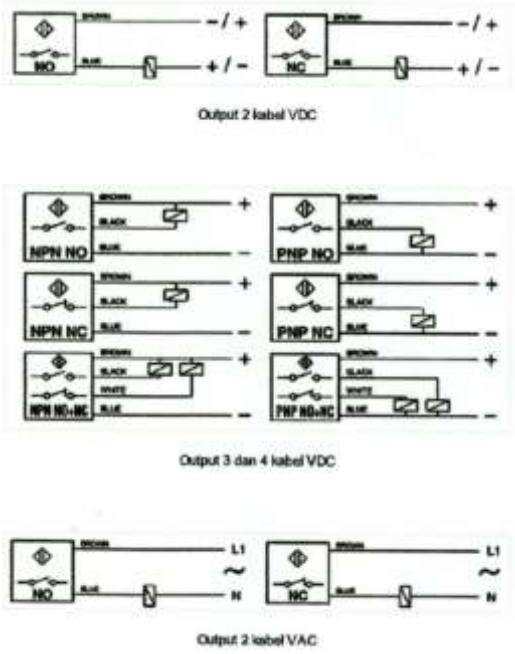
5. Sensor proximity optik

Sensor proximity optik mirip dengan sensor ultrasonik, dalam arti sensor proximity optik mendeteksi kedekatan dari sebuah objek dengan pengaruhnya terhadap gelombang merambat yang bergerak dari pemancar ke penerima. Sensor ini terdiri dari light-emitting diode (LED) berbahan padat yang berfungsi sebagai pemancar cahaya inframerah dan fotodioda berbahan padat yang berfungsi sebagai penerima.



Gambar 2.26 Sensor proximity optik
([5] Fu, K. S., dkk.. Robotics: Control, Sensing, Vision, and Intelligence. 1987. Hal. 276-284)

Nilai *output* dari *proximity switch* ada tiga macam dan bias diklasifikasikan juga sebagai nilai NO (*Normally Open*) dan NC (*Normally Close*). Persis seperti fungsi pada tombol, atau secara spesifik menyerupai fungsi *limit switch* dalam suatu sistem kerja rangkaian yang membutuhkan suatu perangkat pembaca dalam sistem kerja kontinyu mesin. Tiga macam *output proximity switch* ini dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.27 Jenis output proximity switch

Dengan melihat gambar diatas, dapat dikenali tipe sensor proximity, yaitu tipe NPN dan PNP. Tipe inilah yang nanti bias dikoneksikan dengan berbagai macam peralatan kontrol semi digital yang membutuhkan nilai-nilai logika sebagai input untuk proses kerjanya.

Beberapa jenis *proximity switch* ini hanya bias dikoneksikan dengan perangkat PLC tergantung tipe dan jenisnya. Sensor ini juga bias dikoneksikan langsung dengan berbagai macam peralatan kontrol semi digital dan *counter relay* 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. ([3]electric-mechanic.blogspot.com/2012/09/proximity-switch-sensor-jarak.html)

Dari uraian yang telah disampaikan sebelumnya dapat dilihat bahwa sensor proximity digunakan apabila:

1. Obyek yang sedang dideteksi terlalu kecil, terlalu ringan atau terlalu lunak untuk dapat mengoperasikan mekanis saklar.
2. Diperlukan respon yang cepat dan kecepatan penghubungan yang tinggi seperti pada pemakaian penghitungan dan pengusiran pengendali.
3. Objek harus dirasakan melalui rintangan non-logam seperti gelas, plastik, dan kertas karton.
4. Lingkungan yang ekstrim menuntut penyempurnaan lak atau segel barang karena jika dapat mencegah mekanis saklar bekerja baik.
5. Diperlukan ketahanan umur pelayanan dan keandalan pelayanan.
6. Sistem pengendali elektronis cepat menghendaki sinyal input *bounce-free*. ([11] Petruzella, Frank D.. Elektronik Industri. 2001. Hal. 158)

2. 4. Segitiga Daya

Daya listrik adalah besar energi listrik yang ditransfer oleh suatu rangkaian listrik tertutup. Daya listrik sebagai bentuk energi listrik yang mampu diubah oleh alat-alat pengubah energi menjadi berbagai bentuk energi lain, misalnya energi gerak, energi panas, energi suara, dan energi cahaya.

Daya listrik ada tiga macam, yaitu daya nyata, daya semu dan daya reaktif.

2.4.1 Daya nyata (P)

Daya nyata merupakan daya listrik yang digunakan untuk keperluan menggerakkan peralatan – peralatan listrik.

- Besar daya nyata satu fasa adalah :

  $P = V\ I \cos \theta$ ..... (2.1)

- Sedangkan untuk tiga fasa adalah :

  $P = \sqrt{3}\ V\ I \cos \theta$ ..... (2.2)

Keterangan :

P = Daya Nyata (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus yang mengalir pada penghantar (Ampere)

Cos θ = Faktor Daya

2.4.2 Daya semu (S)

Daya semu merupakan daya listrik yang melalui suatu penghantar transmisi atau distribusi. Daya ini merupakan hasil perkalian antara tegangan dan arus yang melalui penghantar.

- Besar daya semu satu fasa adalah:

  $S = V\ I$..... (2.3)

- Sedangkan besar daya semu tiga fasa adalah :

  $S = \sqrt{3}\ V\ I$..... (2.4)

Keterangan:

S = Daya semu (VA)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus yang mengalir pada penghantar (Ampere)

2.4.3 Daya reaktif (Q)

Daya reaktif merupakan selisih antara daya semu yang masuk pada penghantar dengan daya aktif pada penghantar itu sendiri, dimana daya ini terpakai untuk daya mekanik dan panas.

- Besar daya reaktif satu fasa adalah :

  $Q = V\ I \sin \theta$ ..... (2.5)

- Sedangkan Besar daya reaktif tiga fasa adalah :

  $Q = \sqrt{3}\ V\ I \sin \theta$ ..... (2.6)

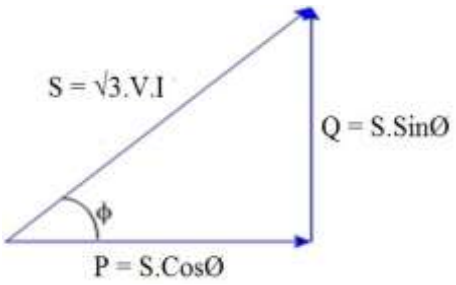
Keterangan :

Q = Daya reaktif (VAR)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Dari penjelasan ketiga macam daya diatas, dikenal juga sebagai segitiga daya. Dimana defenisi umum dari segitiga daya adalah suatu hubungan antara daya nyata, daya semu, dan daya reaktif, yang dapat ditunjukkan hubungannya pada gambar bentuk segitiga berikut ini :



Gambar 2.28 Segitiga daya

dimana :

P = Daya nyata (Watt)

S = Daya semu (VA)

Q = Daya reaktif (VAR),

([2] duniahtehnikku.wordpress.com/2011/01/05/981/)