



**MODUL KULIAH  
SISTEM KENDALI TERDISTRIBUSI  
”KONSEP DASAR SISTEM KONTROL”**

**Oleh :**

**Muhamad Ali, M.T**

**JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
TAHUN 2013**

## **BAB I**

### **KONSEP DASAR SISTEM KONTROL**

#### **A. Konsep Sistem Kontrol**

Sistem kontrol atau sistem kendali atau sistem pengaturan merupakan suatu sistem yang terdiri dari beberapa elemen sistem yang bertujuan untuk melakukan pengaturan atau pengendalian suatu proses untuk mendapatkan suatu besaran yang diinginkan. Sistem kontrol terdiri dari komponen-komponen fisik dan non fisik yang disusun sedemikian hingga mampu berfungsi sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Sistem kontrol berkaitan dengan proses pengaturan atau pengendalian terhadap satu atau lebih besaran (variabel, parameter) sehingga berada pada suatu nilai pada range tertentu sesuai dengan yang diinginkan (set point). Sistem pengendalian atau teknik pengaturan dapat juga didefinisikan sebagai suatu usaha atau perlakuan terhadap suatu sistem dengan masukan tertentu guna mendapatkan keluaran sesuai dengan yang diinginkan. Sistem pengaturan berkaitan dengan hubungan timbal balik antara komponen-komponen yang membentuk suatu konfigurasi sistem yang memberikan suatu hasil yang dikehendaki berupa respon.

Industri atau pabrik merupakan kumpulan dari unit-unit proses produksi (pemilihan bahan baku, pemrosesan awal, pemrosesan lanjut, pemrosesan akhir) yang terintegrasi satu sama lain secara sistematis dan rasional. Tujuan keseluruhan dari pabrik tersebut adalah untuk mengubah sekumpulan bahan baku tertentu (input) menjadi produk yang diinginkan dengan menggunakan sumber daya energi yang tersedia, dengan cara yang efektif dan efisien. Agar proses-proses produksi berjalan sesuai dengan target-target yang ditentukan, maka proses itu harus dikontrol secara otomatis. Alasan mengapa industri menggunakan sistem kontrol otomatis dalam proses produksinya adalah:

1. Menjamin keselamatan (safety) baik bagi tenaga kerja maupun peralatan yang digunakan.

Keselamatan kerja merupakan prioritas utama industri agar produk atau jasanya dapat diterima di dunia global. Fokus perusahaan-perusahaan kelas dunia bagaimana menjamin keselamatan kerja bagi tenaga kerjanya. Salah satu cara yang dilakukan adalah dengan menggunakan sistem kontrol proses

produksi otomatis dengan meminalkan kerja manusia pada daerah-daerah kerja yang berpotensi menimbulkan bahaya. Selain pekerja, penggunaan sistem kontrol otomatis juga bertujuan melindungi peralatan dan perlengkapan produksi yang harganya sangat mahal.

2. Menjaga dan meningkatkan kualitas produk sesuai dengan spesifikasi (standar) yang telah ditetapkan pada keadaan yang kontinyu dan dengan biaya minimum.

Tuntutan konsumen akan suatu produk atau jasa adalah kualitas produk yang memenuhi standar. Untuk dapat menghasilkan produk berkualitas yang memenuhi standar internasional dibutuhkan peralatan produksi yang baik dengan sistem kontrol yang handal. Oleh karena itu industri banyak berinvestasi untuk mengadakan berbagai macam sistem kontrol agar dapat memenuhi tuntutan kualitas produknya.

3. Menjaga dan memelihara kebersihan dan kesehatan lingkungan

Selain kualitas dan keselamatan kerja, tuntutan masyarakat dunia terhadap industri adalah adanya tuntutan proses produksi harus ramah lingkungan. Hal ini berarti industri dituntut untuk melakukan proses produksi yang tidak menimbulkan kerusakan lingkungan. Oleh karena itu industri perlu menggunakan mesin-mesin produksi yang berkualitas dengan sistem kontrol yang baik sehingga mampu meminimasi pencemaran terhadap lingkungan. Lembaga sertifikasi ISO telah menetapkan standar lingkungan pada produk ISO 2008 : 17000 yang mengatur tentang prosedur proses produksi yang ramah lingkungan.

4. Proses berlangsung sesuai dengan batasan-batasan operasinya.

Berbagai jenis peralatan yang digunakan dalam sebuah pabrik memiliki batasan (constraint) yang inherent untuk operasi peralatan tersebut. Batasan-batasan itu seharusnya terpenuhi di seluruh operasi sebuah pabrik. Contohnya pompa harus menjaga net positive suction head tertentu; tangki seharusnya tidak overflow atau menjadi kering; kolom distilasi seharusnya tidak terjadi banjir (flood); suhu pada sebuah reaktor katalitik seharusnya tidak melebihi batas atasnya sehingga katalis menjadi rusak.

### 5. Ekonomis

Operasi sebuah pabrik harus sesuai dengan kondisi pasar, yakni ketersediaan bahan baku dan permintaan produk akhirnya. Oleh karena itu, harus seekonomis mungkin dalam konsumsi bahan baku, energi, modal, dan tenaga kerja. Hal ini membutuhkan pengontrolan kondisi operasi pada tingkat yang optimum, sehingga terjadi biaya operasi yang minimum, keuntungan yang maksimum, dan sebagainya. Agar studi proses berhasil dengan baik, maka perlu dilakukan pemodelan (modeling), yakni dengan membuat suatu persamaan differensial fungsi waktu (dinamik).

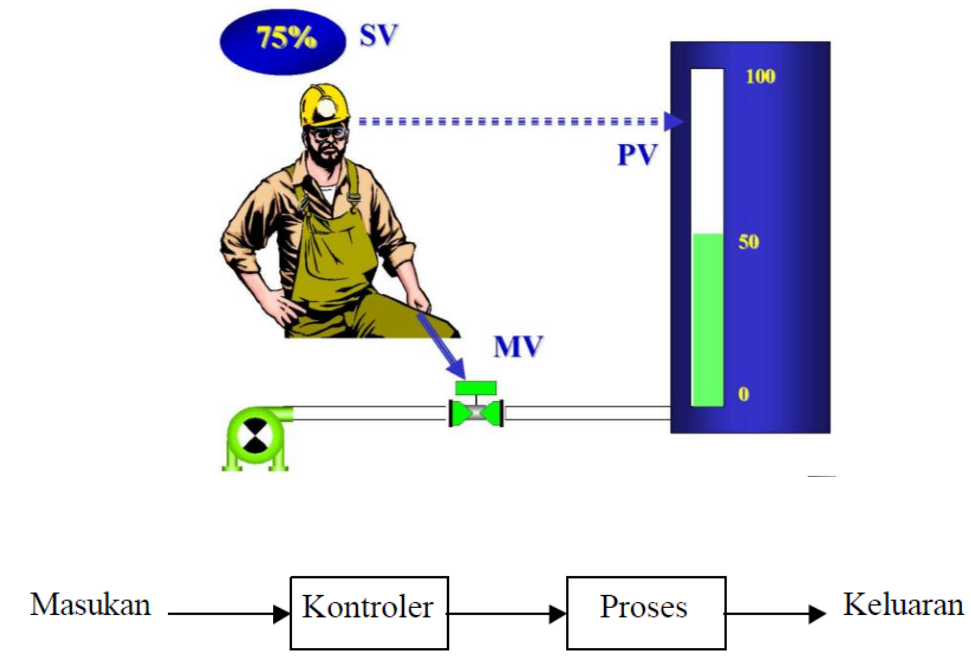
## **B. Jenis Sistem Kontrol**

Secara umum, sistem kontrol dapat dibedakan menjadi 2 kelompok besar yaitu: 1) sistem kontrol loop tertutup (Close loop system) dan 2) sistem kontrol loop terbuka (Open loop system).

### 1. Sistem kontrol lup Terbuka (Open-loop Control System).

Sistem kontrol lup terbuka merupakan salah satu jenis sistem kontrol yang banyak digunakan untuk pengendalian parameter yang digunakan dalam peralatan rumah tangga maupun industri. Sistem kontrol lup terbuka adalah sistem kontrol yang keluarannya tidak berpengaruh pada aksi pengontrolan, jadi keluarannya tidak diukur atau diumpan balikan untuk dibandingkan dengan masukan. Contoh sederhana dari sistem kontrol lup terbuka adalah mesin cuci. Proses yang dilakukan oleh mesin cuci yang meliputi perendaman, pencucian dan pembilasan tidak dilakukan pengukuran terhadap outputnya yaitu apakah pakaian yang dicuci sudah bersih atau belum. Mekanisme kerja hanya berpedoman pada waktu, jumlah air dan jumlah deterjen. Dengan aksi kontrol ini asumsinya pakaian yang dicuci akan bersih. Sistem kontrol lup terbuka termasuk dalam sistem kontrol manual dimana proses pengaturannya dilakukan secara manual oleh operator dengan mengamati keluaran secara visual, kemudian dilakukan koreksi variable-variabel kontrolnya untuk mempertahankan hasil keluarannya. Sistem kontrol itu sendiri bekerjanya secara open loop, artinya sistem kontrol tidak dapat melakukan koreksi variable untuk mempertahankan hasil keluarannya. Perubahan ini dilakukan secara manual oleh operator setelah mengamati hasil keluarannya melalui alat ukur atau indikator.

Secara sederhana blok diagram sistem kontrol terbuka dapat dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 1. Digram Sistem Kontrol Lup Terbuka

Sistem kontrol lup terbuka mempunyai beberapa kelebihan yaitu:

- Konstruksinya sederhana dan perawatannya mudah
- Lebih murah
- Tidak ada masalah kestabilan berkaitan dengan menyimpangnya nilai output yang menjauh dari set poin.
- Cocok untuk diterapkan pada proses yang keluarannya sukar diukur /tidak ekonomis

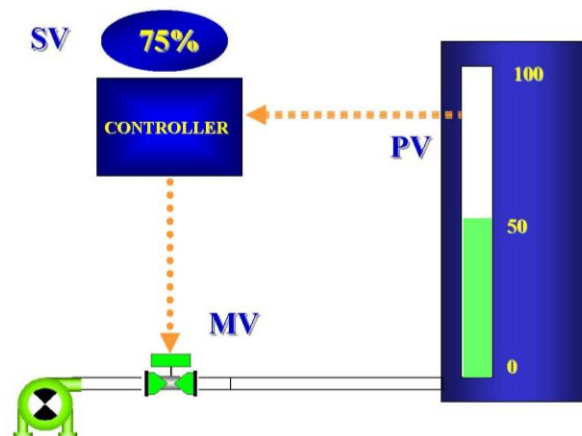
Proses pemanggangan roti pada industri makanan sangat sulit untuk membuat sensor apakah roti tersebut sudah matang atau belum, sehingga kontrol tertutup akan ekonomis. Proses pencucian pakaian pada mesin cuci juga sangat sulit untuk mengukur apakah pakaian sudah bersih atau belum sehingga digunakan sistem kontrol lup terbuka dengan menggunakan timer atau konter.

Kelemahan sistem kontrol terbuka

- Gangguan dan perubahan kalibrasi  
Karena tidak ada umpan balik maka jika ada gangguan pada plant maka sistem kontrol akan cenderung mengalami kesalahan.
- Untuk menjaga kualitas yang diinginkan perlu kalibrasi ulang dari waktu ke waktu

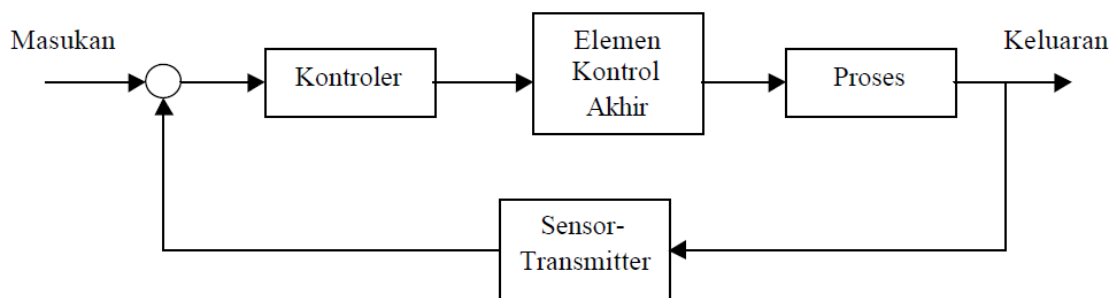
### 2. Sistem kontrol lup Tertutup (Close-loop Control System).

Sistem kontrol lup tertutup merupakan sistem kontrol yang sinyal keluarannya mempunyai pengaruh langsung pada aksi pengontrolan. Kontrol lup tertutup termasuk dalam sistem kontrol berumpan balik dimana sinyal kesalahan penggerak merupakan selisih antara sinyal masukan dan sinyal umpan-balik.



Gambar 2. Contoh sistem control level

Secara sederhana blok diagram sistem kontrol terbuka dapat dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 3. Blok Diagram Sistem Kontrol lup tertutup

Sistem kontrol lup tertutup bekerja secara otomatis dalam rangka mencapai keluaran sesuai dengan set point. Terdapat tiga alasan utama, mengapa plant proses atau bangunan memerlukan kontrol secara otomatis:

### 1. Keamanan (Safety)

Pada proses produksi yang mempunyai tingkat kerumitan atau kompleksitas yang tinggi dibutuhkan cara otomatis guna menghasilkan kualitas produk yang homogen. Selain itu pada plant/proses yang berbahaya perlu dikendalikan secara otomatis untuk menjaga keselamatan tenaga kerja dan peralatan dari kondisi gangguan yang dapat membahayakan peralatan dan manusia. Sehingga dibutuhkan sistem kontrol otomatis.

### 2. Stabilitas (Stability).

Pada industri yang memproduksi barang dan jasa dengan tingkat ketelitian yang tinggi diperlukan Plant atau proses harus bekerja secara mantap (steadily), dapat diprediksi (predictably) dan bekerja dengan tingkat perulangan (repeatably) yang handal tanpa fluktuasi atau kegagalan yang tidak terencana.

### 3. Ketelitian (Accuracy)

Untuk menghasilkan produk yang memenuhi standar dibutuhkan sistem kontrol otomatis yang mampu menjamin proses produksi dapat berjalan sesuai dengan perencanaan. Penggunaan sistem kontrol otomatis mampu mencegah kegagalan proses sehingga meminimasi atau menghilangkan cacat produk sehingga secara tidak langsung akan meningkatkan efektivitas kerja dan efisiensi penggunaan sumber daya.

## C. Komponen Sistem Kontrol

Sistem kontrol merupakan kesatuan dari berbagai komponen yang saling berkaitan untuk menghasilkan tujuan sistem. Komponen-komponen sistem kontrol terdiri dari:

### 1. Proses atau Plant

Proses atau plant adalah proses produksi yang berlangsung di industri yang terdiri dari seperangkat peralatan atau mesin yang bekerja bersama-sama, yang digunakan untuk melakukan suatu operasi tertentu. Contoh dari plant adalah vessel yang digunakan pada proses di industri, pemasakan air menjadi uap air pada boiler. Pengaturan kecepatan aliran air pada saluran PDAM, pengaturan tekanan pada sistem distribusi gas di PT Pertamina, pengaturan temperatur pada proses pasteurisasi di pabrik susu dan contoh lainnya.

## 2. Sensor Transduser dan Transmitter

Sensor adalah komponen sistem kontrol yang berfungsi sebagai alat indera untuk mendeteksi kondisi proses. Contoh dari sensor adalah sensor suhu dengan menggunakan termokopel atau RTD (Resistant Thermal Detector), sensor kecepatan putaran motor dengan Tacho generator, sensor laju aliran fluida dengan venturi meter, sensor tekanan dengan tabung bourdon, sensor level dengan ultrasonic dan lain sebagainya.

Transduser adalah bagian dari sensor yang bekerja untuk melakukan proses transduksi atau perubahan sinyal.

Transmitter adalah bagian dari sistem kontrol yang berfungsi untuk mengirimkan data hasil bacaan sensor terhadap proses yang dimonitor kepada kontroler.

Ada tiga jenis sinyal yang digunakan pada industri proses saat ini, yaitu:

- Sinyal Pneumatik

Sinyal pneumatik digunakan pada aplikasi sistem kontrol proses di industry seperti pada sensor tekanan, sensor kecepatan fluida (flow) dan sensor level menggunakan prinsip DP (Differensial Pressure)

- Sinyal elektrik (Analog)

Selain pneumatik, beberapa sensor menggunakan sinyal elektrik dalam proses pengiriman ke kontroler. Pada umumnya sensor elektrik menggunakan arus listrik dengan nilai 4 - 20 mA atau tegangan dari dengan nilai 0 – 5 Volt. Sinyal elektrik terdiri dari 2 buah sinyal yaitu sinyal analog dan digital. Sinyal analog digunakan untuk mendeteksi proses yang berlangsung secara kontinu sedangkan sinyal analog digunakan untuk mendeteksi proses yang diskrit (On/Off).

- Sinyal digital

Seiring dengan perkembangan teknologi elektronika digital, sekarang ini banyak digunakan sinyal digital dalam mentransmisikan sinyal-sinyal kontrol. Beberapa sinyal digital diantaranya adalah HART (High Address Remote Transduser), Modbus, Fieldbus, Device Net, Proivibus dan OPC. Penggunaan sinyal digital dalam sistem kontrol dapat meningkatkan kecepatan, keamanan dan kemudahan dalam integrasi pada sistem kontrol.



### 3. Kontroler

Kontroler merupakan otak dari sistem kontrol yang bertugas untuk memberikan perintah kepada aktuator (Final Control Elemen) untuk melakukan aksi agar output sesuai dengan yang diharapkan (set point).

Kontroler dapat diklasifikasikan berdasarkan sumber energi yang dipergunakan untuk menggerakkannya. Kontroler dapat digerakkan dengan sinyal listrik, pneumatik (tekanan udara), hidrolik (oli) atau mekanik.

Ada beberapa tipe kontroler yang biasa digunakan dalam sistem kontrol otomatis yaitu

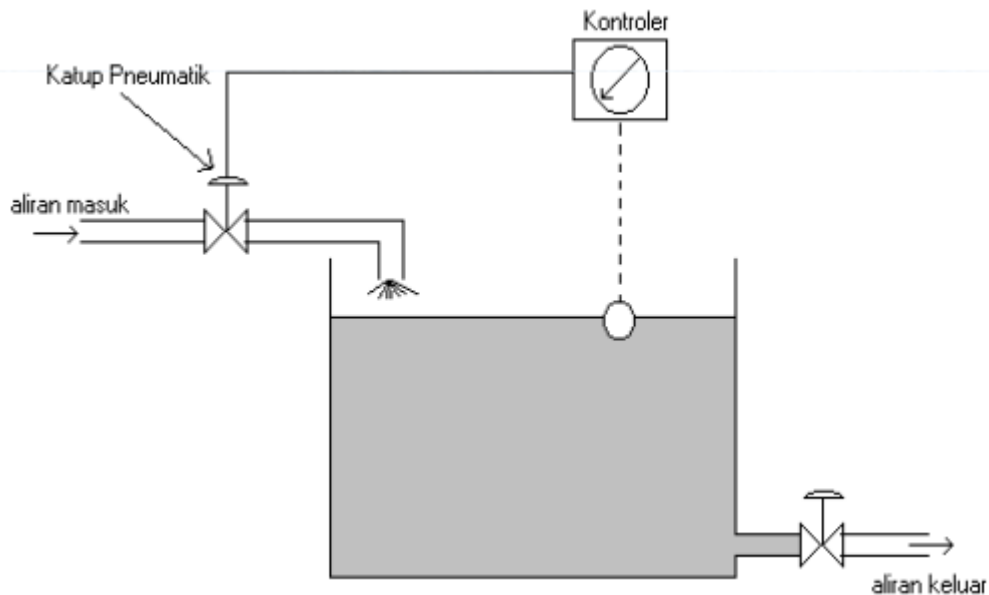
- Kontroler On/Off
- Kontroler berbasis waktu (Timer)
- Kontroler berbasis counter
- Kontroler PID (Proporsional, Integral dan Derivatif)
- Kontroler Adaptif
- Kontroler Cerdas (Fuzzy, Neural Network, Algoritma Genetika)
- Dll

### 4. Aktuator atau Final Control Element (FCE)

Aktuator merupakan bagian dari sistem kontrol yang bertindak sebagai eksekutor untuk mengubah parameter kontrol agar didapatkan output sesuai dengan setpoint. Aktuator dapat berupa motor listrik atau valve yang akan melakukan aksi manipulasi putaran, buka/tutup sesuai dengan perintah dari kontroler.

### 5. Recorder

Pada sistem kontrol modern, seringkali dilengkapi dengan kemampuan untuk menyimpan data-data parameter proses dalam sebuah recorder. Kegunaan recorder adalah untuk mendapatkan data historian dari parameter proses sepanjang waktu guna melakukan analisis proses.



Gambar 4 Sistem kontrol level

#### **D. Aplikasi Sistem Kontrol**

##### **1. Kontrol ON/OFF**

Aplikasi sistem pengaturan yang paling sederhana adalah kendali dua kondisi atau kendali ON/OFF. Contoh nyata sistem control ON/OFF dapat dijumpai di rumah seperti pada saklar untuk menyalakan lampu, menyalakan TV, Radio dan peralatan listrik lainnya. Sistem kontrol ON/OFF pada contoh di atas dilakukan dengan aktivitas menghidupkan dan mematikan saklar yang dapat menyebabkan adanya situasi hidup atau mati pada suatu piranti yang dikendalikan. Masukan ON atau OFF mengakibatkan terjadinya proses pada suatu pengendalian saklar listrik sehingga sistem bekerja sesuai dengan kondisi yang diinginkan, yaitu listrik menyala atau mati. Keadaan ON/OFF (hidup atau mati) merupakan masukan, sedangkan mengalir dan tidak mengalirnya arus listrik merupakan keluaran dari aksi kontrol yang dilakukan. Selain kondisi peralatan listrik menyala, atau mati, terkadang ada juga kondisi dimana saklar pada posisi ON tetapi peralatan yang dikontrol tidak bekerja. Hal ini menunjukkan adanya suatu kesalahan pada sistem kontrol tersebut.

##### **2. Kontrol Berbasis Timer**

Selain sistem kontrol ON/OFF, beberapa proses terkadang dikendalikan dengan menggunakan pewaktu atau timer. Sistem kontrol dengan timer menggunakan timer atau alat yang mampu menghitung waktu sebagai dasar untuk menjalankan atau mematikan suatu proses. Contoh sederhana dari kontrol dengan timer adalah sistem

kontrol ON/OFF lampu jalan dengan menggunakan Timer. Pada jam 18.00 lampu jalan akan otomatis menyala dan sebaliknya pada jam 06.00 lampu jalan akan mati secara otomatis. Contoh lain adalah pemanas Oven menggunakan prinsip waktu untuk melakukan proses pemanggangan makanan. Mesin cuci juga menggunakan timer untuk mengendalikan proses perendaman, pencucian, pengeringan dan proses lainnya.

### 3. Kontrol Berbasis Counter

Beberapa proses di industri ada yang menggunakan dasar menggunakan konter atau perhitungan angka. Contoh sistem kontrol yang menggunakan konter adalah proses penggulungan kain. Tiap satu gulungan kain akan memiliki jumlah gulungan tertentu sehingga proses penggulungan atau pengepakan kain dalam bentuk gulungan dapat dikendalikan secara otomatis. Contoh proses lainnya adalah pada proses pengadukan makanan yang memerlukan berapa jumlah pengadukan setelah itu baru dilakukan proses lainnya. Untuk itu digunakan sistem kontrol berbasis konter yang mampu bekerja secara otomatis berdasarkan perhitungan angka tertentu.

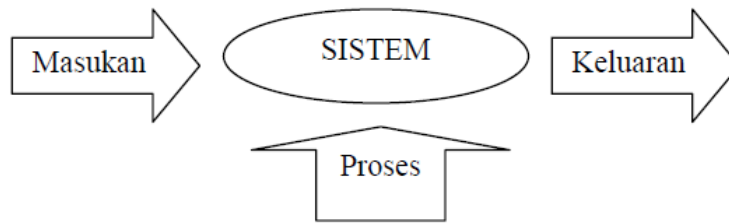
### 4. Kontrol Berbasis Logika Matematika

Sistem kontrol proses terkadang juga menggunakan logika matematika untuk mengendalikan prosesnya. Operasi logika seperti IF THEN, WHILE, FOR dan logika lainnya.

### 5. Kontrol Berbasis Even Driven

Sistem kontrol berbasis even atau kejadian banyak diterapkan dalam kontrol proses di industri. Proses pemotongan kayu dengan menggunakan mesin potong yang dikontrol dengan menggunakan limit switch merupakan salah satu contohnya. Apabila benda kerja menabrak limit switch, maka mesin potong akan bekerja untuk memotong benda kerja dan selanjutnya apabila sudah selesai maka mesin akan kembali ke posisi semula.

Dalam suatu sistem kontrol, ada beberapa aspek yang tidak bisa lepas yaitu input (masukan), output (keluaran), sistem (plan) dan proses. Input adalah rangsangan dari luar yang diterapkan ke sebuah sistem kendali untuk memperoleh tanggapan tertentu dari sistem pengaturan. Output adalah tanggapan sebenarnya yang didapatkan dari suatu sistem kendali. Tanggapan ini bisa sama dengan masukan atau mungkin juga tidak sama dengan tanggapan pada masukannya. Secara sederhana hubungan antara input, proses dan output dapat dijelaskan pada gambar di bawah ini.



Gambar sistem pengendalian

Untuk menggambarkan sistem pengendalian, dapat digambarkan dengan sebuah perangkat yang tidak asing lagi dalam dunia kelistrikan yaitu fuse atau sekering. Fuse merupakan alat proteksi yang digunakan untuk memutus arus listrik jika terjadi hubung singkat pada rangkaian. Fuse dipasang pada instalasi listrik PLN atau peralatan elektronik. Fuse akan bekerja jika arus yang mengalir pada rangkaian listrik melebihi batas elemen lebur yang biasanya terjadi karena beban lebih atau arus hubung singkat. Pada prinsip kerja fuse, terjadi proses pengukuran terhadap besarnya arus listrik pada suatu rangkaian lalu dibandingkan dengan kapasitas maksimal, dan selanjutnya melakukan langkah koreksi dengan cara memutus arus jika arus yang mengalir melebihi batas maksimalnya. Contoh di atas menggambarkan sistem kendali yang terjadi secara otomatis.

Ada tiga jenis sistem pengaturan dasar yakni

1. Sistem Kontrol Alamiah

Contohnya pengendalian suhu tubuh manusia, mekanisme buka-tutup pada jantung, sistem peredaran darah, sistem syaraf, sistem kendali pankreas dan kadar gula dalam darah, sistem pengaturan adrenalin, dan sistem kendali lainnya yang ada pada makhluk hidup.

2. Sistem Kontrol Buatan

Contohnya yaitu mekanisme on-off pada saklar listrik, mekanisme buka-tutup pada keran air, sistem kontrol untuk menghidupkan dan mematikan televisi/radio/tape, kendali pada mainan anak-anak, pengaturan pada kendali suhu ruangan ber-AC, serta kendali perangkat elektronik seperti pada kulkas, freezer dan mesin cuci.

3. Sistem Kontrol yang Komponennya Buatan dan Alamiah

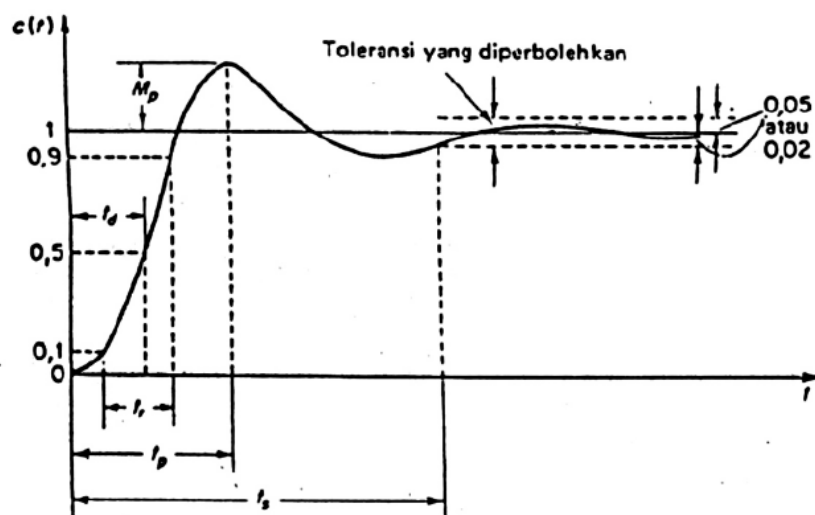
Contohnya adalah pengendalian ketika orang mengendarai sepeda, motor atau mobil. Pengendara senantiasa mempergunakan matanya sebagai komponen alamiah untuk mengamati keadaan, disamping itu pengendara juga mengatur

kecepatan berkendara dengan mengatur putaran mesinnya yang merupakan komponen buatan.

### E. Pengendalian Proses

Sistem pengendalian proses adalah gabungan kerja dari alat-alat pengendalian otomatis. Semua peralatan yang membentuk sistem pengendalian disebut instrumentasi pengendalian proses. Contoh sederhana instrumentasi pengendalian proses adalah saklar temperatur yang bekerja secara otomatis mengendalikan suhu seterika. Instrumentasi pengendalnya disebut temperature switch, saklar akan memutuskan arus listrik ke elemen pemanas apabila suhu seterika ada di atas titik yang dikehendaki. Sebaliknya saklar akan mengalirkan arus listrik ke elemen pemanas apabila suhu seterika ada di bawah titik yang dikehendaki. Pengendalian jenis ini adalah kendali ON -OFF.

Tujuan utama dari suatu sistem pengendalian adalah untuk mendapatkan unjuk kerja yang optimal pada suatu sistem yang dirancang. Untuk mengukur performansi dalam pengaturan, biasanya diekspresikan dengan ukuran-ukuran waktu naik ( $t_r$ ), waktu puncak ( $t_p$ ), settling time ( $t_s$ ), maximum overshoot ( $M_p$ ), waktu tunda/delay time ( $t_d$ ), nilai error, dan damping ratio. Nilai tersebut bisa diamati pada respon transien dari suatu sistem pengendalian. Dalam optimisasi agar mencapai target optimal sesuai yang dikehendaki, maka sistem kontrol berfungsi untuk: melakukan pengukuran (measurement), membandingkan (comparison), pencatatan dan penghitungan (computation) dan perbaikan (correction).



Gambar respon dinamis sistem pengendalian

**F. Parameter Kontrol**

Ada banyak parameter yang harus dikendalikan di dalam suatu proses diantaranya yang paling umum ada empat yaitu

1. Tekanan (pressure) di dalam suatu pipa/vessel,
2. Laju aliran (flow) di dalam pipa,
3. Temperatur di unit proses penukar kalor ( heat exchanger), dan
4. Level permukaan cairan di sebuah tangki.

Disamping dari keempat tersebut di atas, parameter lain yang dianggap penting dan perlu dikendalikan karena keperluan spesifik proses diantaranya pH di industri kimia, warna produk di industri cat, tinta dan lainnya. Kelembaban, kandungan zat, jumlah zat, kekentalan dan parameter-parameter lain yang dibutuhkan dalam proses produksi di industri.

Apabila yang dikendalikan pada sistem pengaturan adalah tekanan pada proses pembakaran di ruang bakar, maka sistem pengendaliannya disebut sistem kendali tekanan pembakaran di ruang bakar . Jika yang dikendalikan adalah temperatur pada sebuah alat penukar kalor, maka sistem pengendaliannya disebut sistem kendali temperatur alat penukar kalor. Apabila yang dikontrol adalah level fluida pada bejana tekan suatu industri perminyakan, maka sistem kontrolnya dinamakan sistem kendali level cairan. Hal ini perlu dimengerti karena terkadang orang salah dalam penggunaan suatu kalimat, misalnya sistem kendali pesawat terbang. Pernyataan ini akan lebih lengkap jika diketahui variabel yang dikendalikan pada pesawat tersebut, apakah kecepatan terbang pesawat, ketinggian terbang, gerak rolling atau gerak pitching.

**G. Analisis Sistem Pengendalian**

Dalam mengendalikan variabel proses adalah dengan melakukan analisis dan perancangan. Beberapa hal yang harus dikuasai untuk melakukan analisis sistem kontrol proses adalah sebagai berikut:

1. Penguasaan Dasar-dasar Matematika

Matematika adalah ilmu wajib yang harus dimiliki oleh para analisis sistem kontrol. Ilmu matematika digunakan untuk dasar analisis dan perancangan sistem kontrol menyangkut pada model matematika sistem agar mudah dianalisis. Model

adalah abstraksi (penyederhaan) dan representasi sistem nyata. Ilmu matematika yang sering dijumpai yaitu persamaan diferensial, Transformasi Laplace, Transformasi Z, Fourier, matrik, dan sebagainya.

## 2. Penguasaan Pemodelan Matematika Sistem Fisik

Sebuah sistem fisik akan sulit di analisis apabila model matematika sistem tidak diketahui, suatu misal karburator dimodelkan dengan persamaan matematika

$$\frac{1}{s+1} \text{ dan beban mesin dimodelkan dengan persamaan matematika } \frac{1}{3s+1}.$$

Pemodelan sistem fisik menjadi persamaan matematika bertujuan untuk memudahkan dalam melakukan manipulasi terhadap sistem.

## 3. Respon Sistem Kontrol

Suatu sistem akan memberikan respon apabila diberikan masukan tertentu. Masyarakat akan bergejolak jika pemerintah akan menerapkan kebijakan kenaikan harga BBM. Demikian juga sebuah sistem kontrol di industri akan memberikan respon sistem sesuai dengan karakteristik masing-masing. Salah satu respon sistem yang banyak dianalisis adalah respon transien atau keadaan peralihan dan respon steady state atau keadaan mantap atau stabil. Contoh pada kasus kenaikan BBM, masyarakat pada saat 1 hari pertama, 1 minggu pertama dan 1 bulan pertama pasti akan memberikan respon yang bermacam-macam. Masyarakat pedesaan yang tidak terlalu banyak bergantung pada harga BBM mungkin tidak terlalu shock dengan kebijakan kenaikan harga BBM. Tetapi masyarakat perkotaan yang sangat bergantung pada BBM pasti akan mengalami kaget. Respon yang diberikan masyarakatpun berbeda-beda.

Demikian juga sistem kontrol, jika diberikan input berupa step (perubahan mendadak) misal suhu dari 30<sup>0</sup> C diubah menjadi 80<sup>0</sup> C. Sistem kontrol suhu pasti memberikan respon yang berbeda-beda. Sistem kontrol yang berdaya kecil mungkin akan mencapai suhu 80<sup>0</sup> C dengan waktu yang lama, demikian sebaliknya yang berdaya besar akan cepat mencapai suhu 80<sup>0</sup> C bahkan melebihi. Sistem yang baik tentunya akan mencapai nilai yang diinginkan dengan cepat tanpa kesalahan dan tetap mempertahankan nilai set point untuk jangka waktu yang lama.

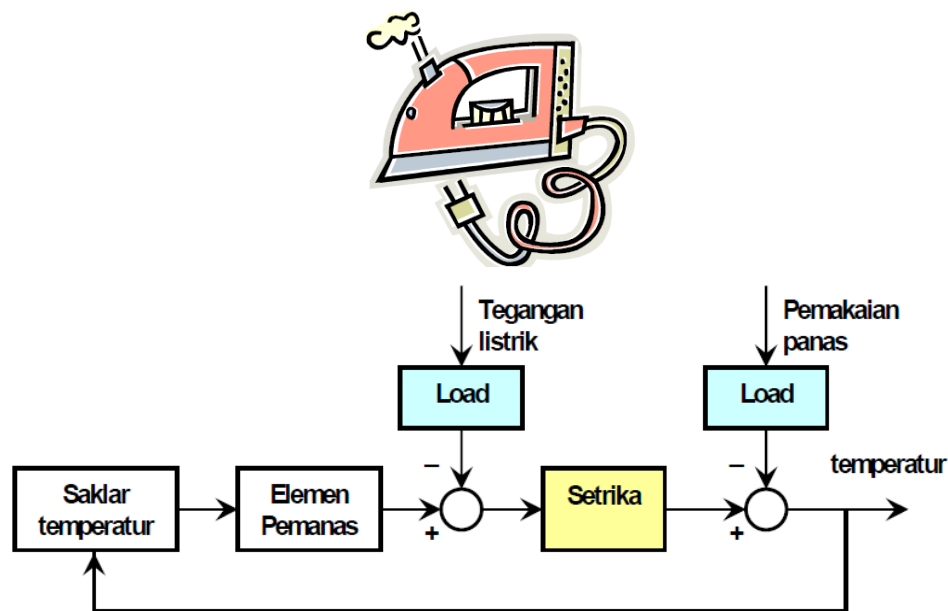
## 4. Kestabilan Sistem Kontrol

Kestabilan merupakan syarat mutlak sebuah sistem kontrol proses di industri terutama untuk sistem kontrol loop tertutup. Kestabilan berkaitan dengan

jaminan output dari sistem kontrol akan mencapai atau mendekati set point. Sistem yang tidak bisa mencapai set point tentu akan keluar dari kesetabilan. Pada analisis kesetabilan biasanya dipergunakan kriteria Routh-Hurwitz, pecahan kontinu, posisi letak akar dan model kesetabilan Nyquist.

### H. Contoh-contoh Aplikasi Sistem Pengendalian

Sistem pengendalian temperatur dari suatu setrika otomatis. Suatu setrika listrik secara termostatis mengatur panas yang dihasilkan pada setrika. Masukan ke sistem tersebut adalah suhu acuannya, yang diset secara tepat oleh termostat, sedangkan keluarannya adalah suhu yang dihasilkan sebenarnya yang bisa dideteksi dengan cara pengukuran temperatur. Apabila termostat mendeteksi suhu keluaran lebih kecil dari masukan, arus listrik mengalir dan memanaskan elemen pemanas hingga suhu menyamai acuannya dan secara otomatis arus akan diputus lagi.



Gambar blok diagram sistem kontrol