

# BAB I

## SISTEM PENGENDALIAN

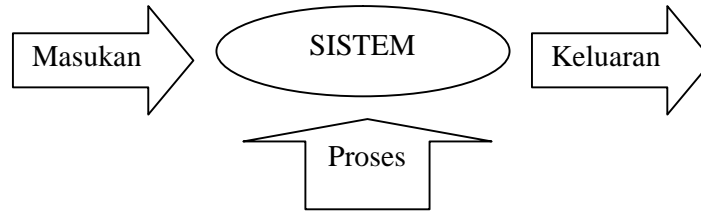
### 1.1. Definisi sistem pengendalian

Secara umum sistem pengendalian adalah susunan komponen-komponen fisik yang dirakit sedemikian rupa sehingga mampu mengatur sistem nya sendiri atau sistem diluarnya. Sistem kontrol adalah proses pengaturan atau pengendalian terhadap satu atau beberapa besaran (variabel, parameter) sehingga berada pada suatu harga *range* tertentu. Istilah lain sistem kontrol atau teknik kendali adalah teknik pengaturan, sistem pengendalian, atau sistem pengontrolan (Pakpahan, 1988).

Sistem pengendalian atau teknik pengaturan juga dapat didefinisikan suatu usaha atau perlakuan terhadap suatu sistem dengan masukan tertentu guna mendapatkan keluaran sesuai yang diinginkan. Dalam buku berjudul "Modern Control Systems", bahwa sistem pengaturan merupakan hubungan timbal balik antara komponen-komponen yang membentuk suatu konfigurasi sistem yang memberikan suatu hasil yang dikehendaki berupa respon (Dorf, 1983).

Contoh sistem pengaturan yang paling mendasar adalah kendali on-off saklar listrik. Aktivitas menghidupkan dan mematikan saklar menyebabkan adanya situasi saklar hidup atau mati. 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 listrik merupakan **keluaran**. Suatu keadaan dimana listrik sudah dihidupkan namun tidak menyala, berarti ada yang salah pada **sistem** tersebut. Proses yang dicontohkan itu mengilustrasikan sistem kendali yang terjadi secara manual.

Secara umum ada empat aspek yang berkaitan dengan sistem pengendalian yaitu masukan, keluaran, sistem dan proses. Masukan (*input*) adalah rangsangan dari luar yang diterapkan ke sebuah sistem kendali untuk memperoleh tanggapan tertentu dari sistem pengaturan. Keluaran (*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.



**Gambar 1.1 Sistem pengendalian**

Untuk menggambarkan sistem pengendalian, kita bisa ilustrasikan dengan sebuah perangkat yang sering dikenal dalam kehidupan sehari-hari yaitu "sekering". Sekering merupakan alat yang dipergunakan untuk memutus arus listrik dan biasanya dipasang pada instalasi listrik PLN atau perangkat elektronik. Sekering akan putus apabila diberi beban arus listrik yang berlebihan, dan akibatnya lampu akan padam. Fenomena ini menunjukkan bahwa sebenarnya terjadi pengukuran terhadap aliran listrik, membandingkan terhadap kapasitas maksimal, dan selanjutnya melakukan langkah koreksi dengan cara memutus arus. Proses yang dicontohkan itu menggambarkan sistem kendali yang terjadi secara otomatis.

Menurut Distefano dkk (1992), ada tiga jenis sistem pengaturan dasar yakni

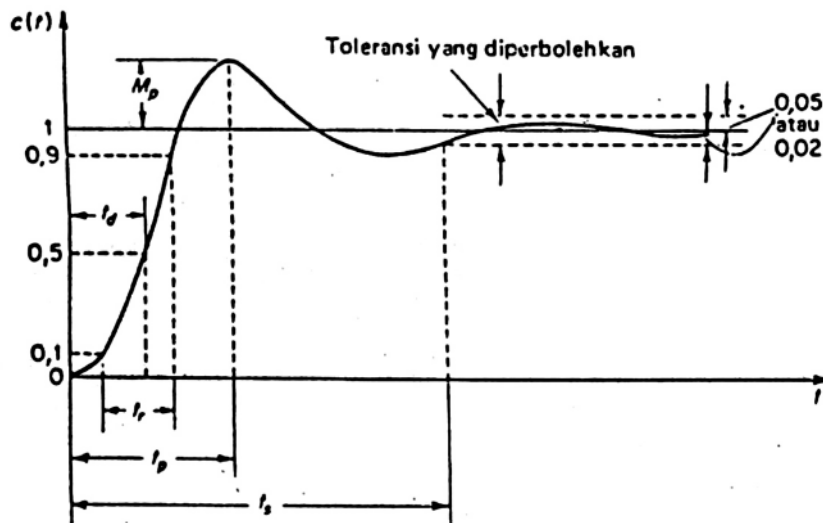
1. **pengendalian alamiah**, contohnya pengendalian suhu tubuh manusia, mekanisme buka-tutup pada jantung, sistem peredaran darah, sistem syaraf, sistem kendali pankreas dan kadar gula dalam darah, sistem pengaturan adrenalin, dan sistem kendali lainnya yang ada pada makhluk hidup.
2. **pengendalian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

## 1.2. Sistem 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 setrika. Instrumentasi pengendalinya disebut *temperature switch*, saklar akan memutuskan arus listrik ke elemen pemanas apabila suhu setrika ada di atas titik yang dikehendaki. Sebaliknya saklar akan mengalirkan arus listrik ke elemen pemanas apabila suhu setrika 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, misal gambar 1.2.

Dalam optimisasi agar mencapai target optimal sesuai yang dikehendaki, maka sistem kontrol berfungsi : melakukan pengukuran (*measurement*), membandingkan (*comparison*), pencatatan dan penghitungan (*computation*) dan perbaikan (*correction*). Lebih mendetail akan dibahas pada bab 5 tentang analisis respon pengendalian.



Gambar 1.2 Respon transien sistem pengendalian

### 1.3. Parameter-parameter yang dikendalikan

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

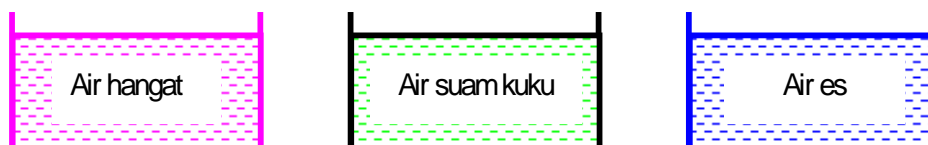
1. tekanan (*pressure*) di dalam suatu pipa/*vessel*,
2. laju aliran (*flow*) di dalam pipa,
3. temperatur di unit proses penukar kalor (*heat exchanger*), dan
4. level permukaan cairan di sebuah tangki.

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 pencairan gas (*LNG*).

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 system 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*.

### 1.4. Mengapa perlu instrumentasi dalam pengendalian?

Sebagai makhluk ciptaan Allah, manusia mempunyai kelebihan dan kekurangan. Diantara kekurangan manusia adalah mempergunakan indra sebagai alat ukur. Sebagai sebuah ilustrasi indra peraba manusia dipergunakan untuk mengukur kondisi air yang berbeda di dalam suatu bejana, namun apakah indra peraba itu mampu mencerminkan kondisi pengukuran yang sebenarnya. Untuk menjawabnya maka perhatikan fenomena gambar 1.3.



Gambar 1.3 Indra peraba untuk pengukuran

Apa yang dirasakan apabila kedua tangan kita masing masing dicelupkan ke tempayan kiri dan kanan? Tangan kiri akan merasakan hangatnya air hangat dan tangan kanan akan merasakan dinginnya es. Sampai batas ini manusia masih bisa membedakan mana yang dingin dan yang panas, namun belum mengetahui secara eksak berapa temperatur air tersebut.

Apa yang terjadi apabila kedua tangan kita yang baru saja dimasukan masing masing di air hangat dan air dingin, kemudian dicelupkan ke dalam air suam kuku? Tentunya tangan kiri yang habis dicelupkan di air hangat akan terasa dingin dan tangan kanan yang habis dimasukan air es akan terasa air itu panas. Mengapa begitu? Jawabnya karena indra peraba manusia tidak mampu dijadikan sebagai alat ukur yang akurat. Untuk memastikan suhu air tersebut diperlukan termometer. Bayangkan lagi kalau indra manusia dicoba untuk mengukur besaran-besaran lainnya seperti tekanan, aliran, level cairan dan temperatur yang tinggi, hal ini tentu tidak mungkin. Oleh karena itu diperlukan instrumentasi untuk melakukan pengukuran, sehingga kondisi sebenarnya bisa diketahui secara akurat.

### 1.5. Penganalisisan sistem pengendalian

Dalam mengendalikan variabel proses adalah dengan analisis dan perancangan. Beberapa faktor yang harus dikuasai untuk melakukan analisis sistem pengendalian atau teknik pengaturan adalah:

1. Penguasaan dasar-dasar matematika

Dasar analisis dan perancangan sistem pengendalian 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 pada gambar 1.6 karburator dimodelkan dengan  $\frac{1}{s+1}$

dan beban mesin dengan  $\frac{1}{3s+1}$

3. Respon sistem pengendalian

Untuk memudahkan analisis biasanya dipergunakan respon transien dan frekuensi. Contoh respon diilustrasikan pada gambar 1.2

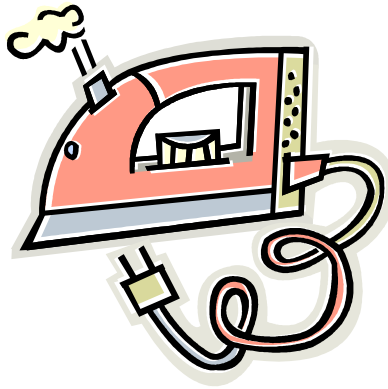
#### 4. Kestabilan sistem pengendalian

Dasar analisis kestabilan biasanya dipergunakan kriteria Routh-Hurwitz, pecahan kontinyu, letak akar dan Nyquist. Lebih lanjut akan dibahas di bab 7.

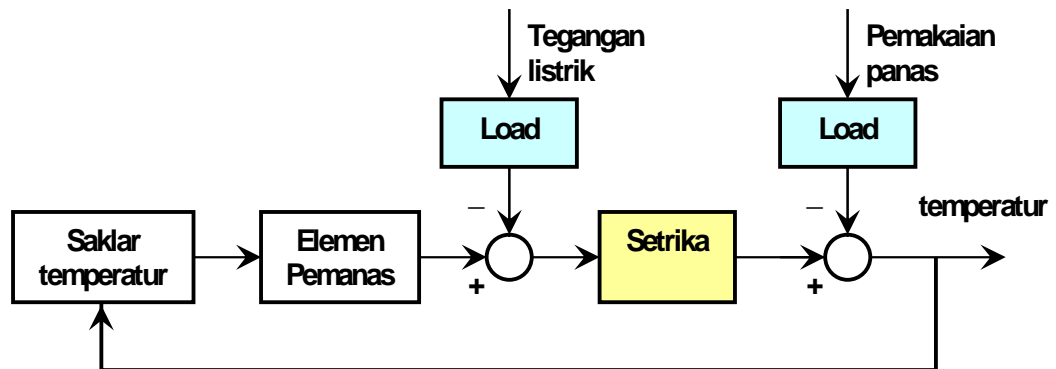
### 1.6. Contoh-contoh aplikasi sistem pengaturan

#### 1.6.1. 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.

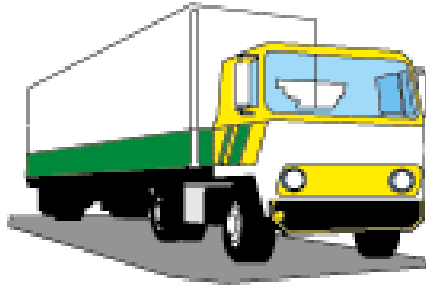


Gambar 1.4 Kendali temperatur setrika listrik



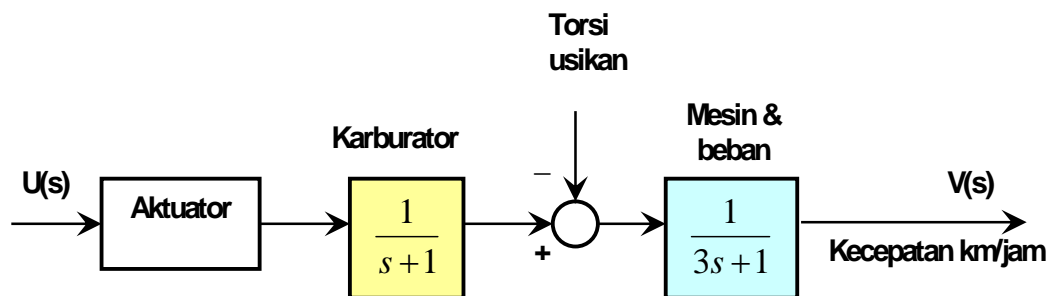
Gambar 1.5 Diagram blok kendali temperatur setrika listrik

### 1.6.2. Sistem pengendalian jelajah mobil



Gambar 1.6 Kendali jelajah kendaraan

Dalam berkendara di jalan raya terkadang ada pembatasan untuk kecepatan berkendara, misalnya rambu hanya mengizinkan 40 km/jam. Dengan adanya rambu tersebut, setiap pengendara harus mematuhi dengan cara memelihara supaya kecepatan kendaraan berkisar pada angka tersebut. Sebagai alat untuk memonitor biasanya dipasang speedometer dan acuannya adalah kecepatan 40 km/jam. Apabila terjadi penyimpangan antara yang tercatat pada speedometer terhadap kenyataan kecepatan kendaraan, maka pengendara senantiasa berusaha untuk melakukan pengendalian larnya kendaraan dengan menambah atau mengurangi kecepatan putaran mesin. Proses yang dilakukan pengendara tersebut secara tidak langsung mensinergikan beberapa komponen yang mempengaruhi sistem kendali jelajah kendaraan.

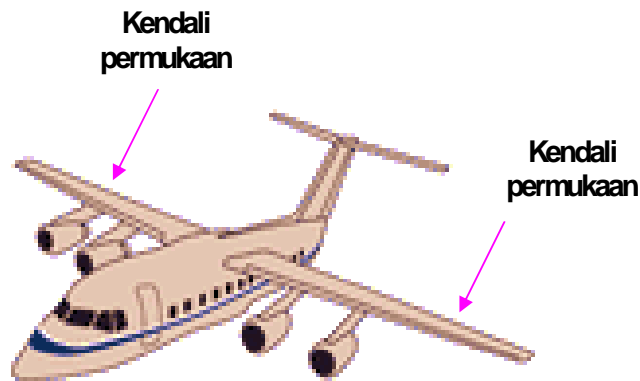


Gambar 1.7 Diagram blok kendali jelajah kendaraan

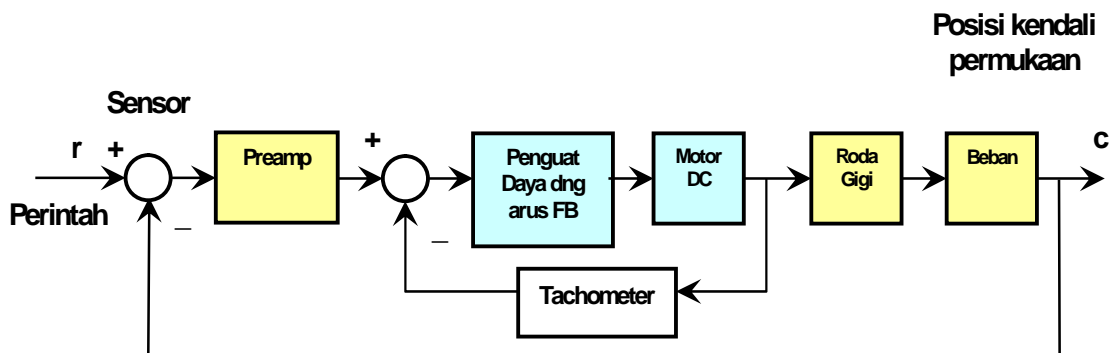
### 1.6.3. Sistem kendali posisi aerofoil sayap pesawat terbang

Pada pesawat terbang sebenarnya banyak sekali sistem yang harus dikendalikan misalnya kecepatan terbang, ketinggian terbang, sistem pembakaran, buka -tutup pintu pesawat, dan beberapa komponen pada mesin pe sawat terbang. Terlebih pada sistem pesawat tempur tentunya akan lebih banyak lagi yang perlu dikontrol karena memerlukan gerakan-gerakan manuver yang lebih dan juga untuk mengendalikan sistem persenjataannya. Pada kapal laut maupun kapal selam juga mempun yai beberapa komponen yang harus dikendalikan berkaitan dengan keperluan gerakan-gerakan bermanuver. Pemasangan instalasi kendali ini, tentunya bergantung pada keperluannya.

Dalam kasus gambar 1.9 merupakan contoh sistem kendali permukaan pada aerofoil sayap pesawat terbang. Besaran yang dikendalikan diekspresikan dalam besaran sudut terhadap posisi sudut acuan.



Gambar 1.8 Kendali perilaku pesawat



Gambar 1.9 Diagram blok kendali perilaku pesawat

### 1.7. Soal-soal latihan

1. Jelaskan definisi sistem pengendalian!
2. Sebut dan jelaskan 5 contoh sistem kendali buatan manusia!
3. Sebut dan jelaskan 5 contoh sistem kendali alamiah yang berada pada tubuh manusia!
4. Pada sistem pendingin AC ruangan, apa yang disebut masukan dan apa yang disebut keluaran?
5. Tetapkan masukan dan keluaran pada mesin freezer atau kulkas!
6. Mengapa dalam pengukuran diperlukan instrumen pengukur!
7. Gambarkan diagram sistem pengendalian temperatur dari suatu setrika otomatis dan jelaskan!
8. Gambarkan dan jelaskan diagram sistem pengendalian jelajah mobil!
9. Jelaskan sistem pengendalian yang terdapat karburator motor atau mobil!
10. Berikan contoh dan penjelasan tentang aplikasi teknik kendali di dunia industri

### DAFTAR PUSTAKA

- Distefano, J.J., Stubberud, A.R., and Williams, I.J., 1992, *Teori dan Soal-soal Sistem Pengendalian dan Umpan Balik* (Terjemahan Herman Widodo Soemitro) Seri Scaum, Edisi SI, Erlangga, Jakarta.
- Dorf, R.C., 1983. *Sistem Pengaturan*, Edisi 3, Erlangga, Jakarta
- Kuo, B.C., 1995, *Teknik Kontrol Otomatik*, Edisi 7, Jilid 1, Aditya Media, Jogjakarta.
- Ogata, Katsuhiko., 1997, *Teknik Kontrol Otomatik*, Edisi 2 Jilid 1/2, Erlangga Jakarta
- Pakpahan, Sahat, 1988, *Kontrol Otomatik Teori dan Penerapan*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Phillips, Harbor, 1998, *Sistem Kontrol* (alih bahasa Widodo), Edisi 3 Jilid 1/2, Prenhallindo, Jakarta