



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

Oleh :

Muhamad Ali, M.T

**JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
TAHUN 2012**

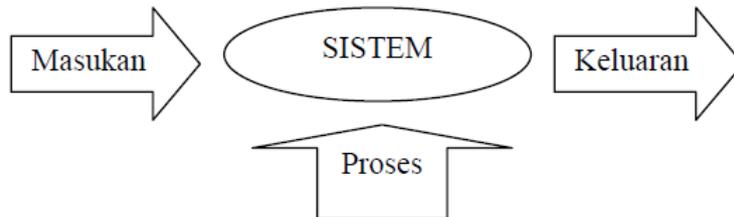
BAB I
KONSEP DASAR SISTEM KONTROL

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.

Aplikasi sistem pengaturan yang paling sederhana adalah kendali dua kondisi atau kendali ON/OFF pada suatu rangkaian listrik. 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.

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. 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

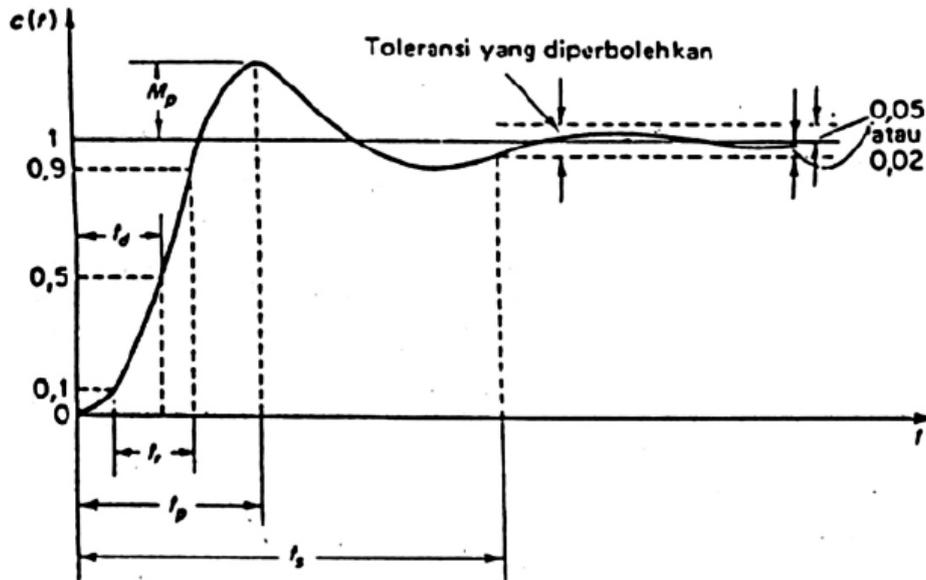
Contohnya adalah pengendalian ketika orang mengendarai sepeda, motor atau mobil. Pengendara senantiasa mempergunakan matanya sebagai komponen alamiah untuk mengamati keadaan, disamping itu pengendara juga mengatur kecepatan berkendara dengan mengatur putaran mesinnya yang merupakan komponen buatan.

B. 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 respon dinamis sistem pengendalian

C. 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.

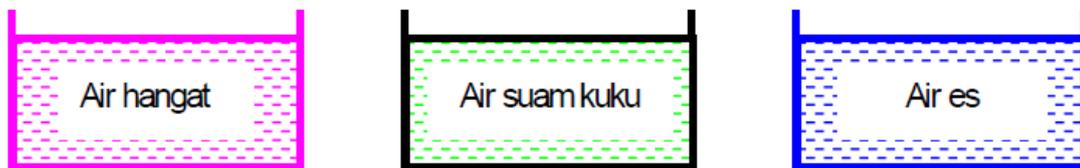
Disamping dari keempat tersebut di atas, parameter lain yang dianggap penting dan perlu dikendalikan karena keperluan spesifik proses diantaranya pH di industry kimia, warna produk di industri pencairan gas (LNG).

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.

D. Pentingnya 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 indra peraba

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.

E. Analisis 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

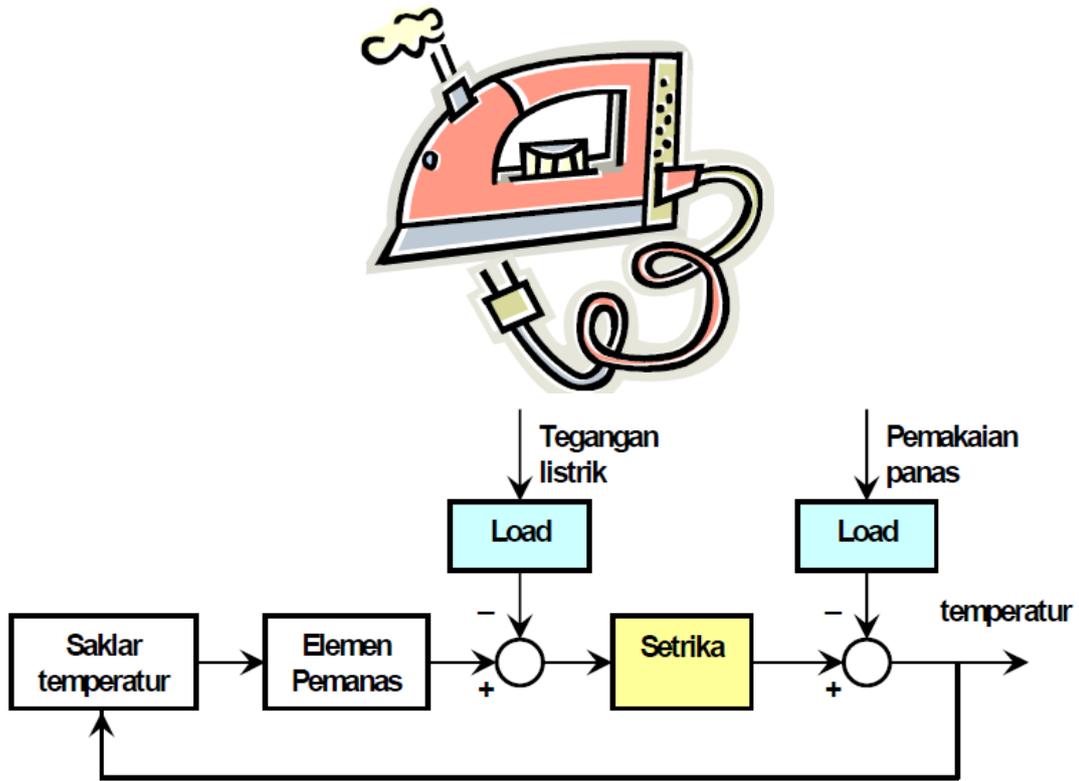
Untuk memudahkan analisis biasanya dipergunakan akan respon transien dan frekuensi. Contoh respon diilustrasikan pada gambar 1.2

4. Kestabilan sistem pengendalian

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

F. Contoh-contoh aplikasi sistem pengaturan

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