

Model Matematis, Sistem  
Dinamis dan Sistem Kendali



# PENDAHULUAN

Beberapa istilah pada karakteristik tanggapan :

- Sistem : kombinasi beberapa komponen yang bekerja secara bersama-sama dan membentuk suatu tujuan tertentu
- Proses (alamiah) : suatu urutan operasi yang kontinu atau suatu perkembangan yang dicirikan oleh urutan perubahan secara perlahan yang terjadi tahap demi tahap dengan cara yang relatif tetap dan memberikan suatu hasil atau akhir
- Proses (artifisial) : operasi yang dilakukan secara berkesinambungan yang terdiri dari beberapa aksi yang dikendalikan atau pergerakan yang secara sistematis diarahkan pada suatu hasil atau akhir
- Operasi : proses yang dikendalikan, seperti proses kimia, proses biologi, ekonomi



- Plant : dapat berupa bagian suatu peralatan yang berfungsi secara bersama-sama untuk membentuk suatu operasi tertentu. (Setiap objek fisik harus dikendalikan: reaktor kimia, heating furnace, spacecraft)
- Gangguan : suatu sinyal yang cenderung mempengaruhi (secara acak) nilai output suatu sistem : gangguan internal dan eksternal
- Kendali umpan-balik : suatu operasi yang dengan munculnya gangguan akan cenderung memperkecil perbedaan antara output suatu sistem dengan beberapa input dan selanjutnya bertindak sesuai bertitik tolak dari perbedaan tersebut.



# PENDAHULUAN

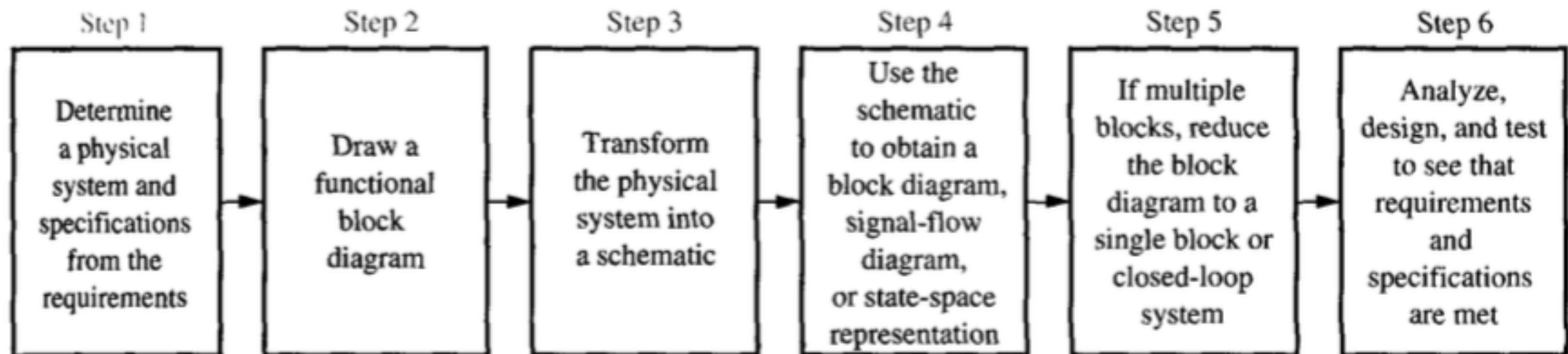
- Untuk analisis dan design sistem kendali, sistem fisis harus dibuat model fisisnya
- Model fisis harus dapat menggambarkan karakteristik dinamis sistem tersebut secara memadai
- Model matematis diturunkan dari hukum-hukum fisis sistem yang bersangkutan
  - Dinamika sistem mekanis dimodelkan dengan hukum-hukum Newton
  - Dinamika sistem elektrik dimodelkan dengan hukum-hukum Kirchhoff atau Ohm
- Model matematis suatu sistem : kumpulan persamaan yang menggambarkan dinamika suatu sistem secara memadai
- Model matematis dapat meningkat akurasi dengan memodelkan secara lengkap, bila diperlukan dalam analisis yang teliti
- Perlu kompromi antara kesederhanaan model dengan akurasi hasil analisis



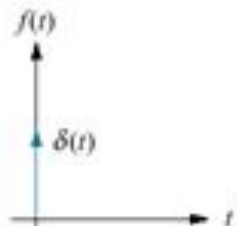
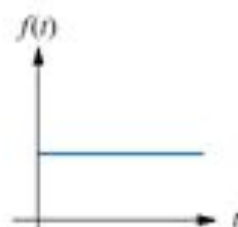

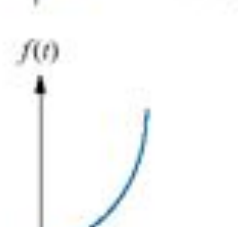
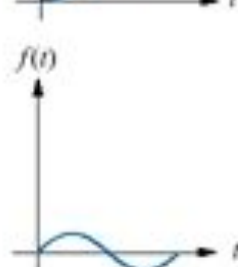
- Kesederhanaan model dicapai dengan memperhatikan faktor-faktor penting saja dalam pemodelan
  - pemodelan dengan persamaan differensial (bukan parsial), akan menghilangkan sifat-sifat nonlinier tertentu dan parameter-parameter terdistribusi yang mungkin ada pada sistem
  - pemodelan suatu komponen pada frekuensi rendah tidak dapat digunakan pada frekuensi tinggi
- Suatu sistem yang memiliki model matematis sama tidak selalu menggambarkan model fisis yang sama (analogi sistem mekanis dengan sistem elektrik)
- Terdapat 2 pendekatan analisis :
  - Fungsi Alih (Tradisional, untuk sistem SISO)
  - State Space (Modern, untuk sistem modern, MIMO)



# PROSES PERANCANGAN



# PROSES PERANCANGAN

Input	Function	Description	Sketch	Use
Impulse	$\delta(t)$	$\delta(t) = \infty$ for $0- < t < 0+$ $= 0$ elsewhere $\int_{0-}^{0+} \delta(t) dt = 1$		Transient response Modeling
Step	$u(t)$	$u(t) = 1$ for $t > 0$ $= 0$ for $t < 0$		Transient response Steady-state error
Ramp	$tu(t)$	$tu(t) = t$ for $t \geq 0$ $= 0$ elsewhere		Steady-state error
Parabola	$\frac{1}{2}t^2u(t)$	$\frac{1}{2}t^2u(t) = \frac{1}{2}t^2$ for $t \geq 0$ $= 0$ elsewhere		Steady-state error
Sinusoid	$\sin \omega t$			Transient response Modeling Steady-state error



# PENDAHULUAN

Langkah - langkah dalam analisis dan design sistem kendali :

1. Penurunan model matematika sistem fisis (Persamaan Differensial)
2. Peroleh model linear dari komponen-komponen sistem
3. Gunakan Transformasi Laplace untuk komponen-komponen sistem tersebut
4. Turunkan hubungan antara output dengan input masing-masing komponen (Fungsi Alih)
5. Diagram blok sistem diperoleh melalui interkoneksi komponen-komponen tersebut
6. Gunakan reduksi diagram blok untuk memperoleh fungsi alih sistem
7. Gunakan Signal Flow Graph untuk menggambarkan sistem yang kompleks dan untuk memperoleh fungsi alih sistem melalui Formula Mason
8. Gunakan beberapa metoda analisis dan design untuk mendapatkan rancangan yang diinginkan



# KLASIFIKASI SISTEM

- LINEAR VS NONLINEAR
- TIME-INVARIANT VS TIME-VARYING
- CONTINUOUS-TIME VS DISCRETE-TIME
- DETERMINISTIC VS STOCHASTIC
- LUMPED- VS DISTRIBUTED - PARAMETERS
- TRANSFER FUNCTION VS STATE SPACE



# LINEAR VS NONLINEAR

- Sistem Fisis umumnya bersifat nonlinear dalam tingkat tertentu
- Untuk daerah kerja yang kecil, sistem nonlinear dapat dianggap linear
- Sistem linear : berlaku superposisi : respon suatu sistem terhadap beberapa input berbeda merupakan kombinasi respons masing-masing input
- Pengujian kelinearan suatu sistem melalui input sinusoidal
- Dalam beberapa hal elemen-elemen nonlinear disertakan dalam sistem kendali untuk optimasi unjuk kerja



# TIME-INVARIANT VS TIME-VARYING

- Sistem time-invariant memiliki parameter-parameter yang konstan, tak tergantung waktu
- Respons nya tak tergantung pada saat kapan input diberikan.
- Sistem time-varying memiliki satu atau lebih parameter yang berubah terhadap waktu.
- Respons nya tergantung pada waktu diberikan input.
- Contoh Sistem Kendali Time-varying:  
Sistem kendali pesawat ruang angkasa : bobotnya berkurang akibat konsumsi bahan bakar



# CONTINUOUS-TIME VS DISCRETE-TIME

- Sistem kontinyu waktu : memiliki semua variabel / sinyal yang kontinyu terhadap waktu.
- Sistem diskrit waktu : memiliki satu atau lebih variabel / sinyal yang diskrit terhadap waktu.



# DETERMINISTIC VS STOCHASTIC

- Sistem deterministik memiliki respons terhadap suatu input yang dapat ditebak dan berulang / konsisten.
- Sistem stokastik: respons terhadap input yang sama tidak selalu menghasilkan output yang sama.



# LUMPED- VS DISTRIBUTED - PARAMETERS

- Pemodelan komponen yang sederhana bila dapat dianggap bahwa parameter-parameter komponen tsb dapat dimodelkan secara terkumpul disatu titik.
- Dicitrakan dengan persamaan differensial biasa.
- Pemodelan parameter terdistribusi lebih tepat digunakan, misalnya pada sistem transmisi.
- Dicitrakan dengan persamaan differensial parsial.



# TRANSFER FUNCTION VS STATE SPACE

- Analisis sistem sederhana, SISO yang bersifat linear, kontinyu, time-invariant, lumped-parameters, deterministik, dapat dilakukan melalui pendekatan tradisional (fungsi alih) yang merupakan dominan frekuensi kompleks. Alat bantu analisis dan perancangan dapat berupa Root Locus (domain waktu), Bode Plot atau Nyquist (domain frekuensi).
- Untuk sistem modern yang kompleks dan berakurasi tinggi (ditandai dengan MIMO), nonlinear, time-varying, optimal, robust) harus digunakan pendekatan state space yang bersifat domain waktu.