

# Analisa dan Desain Sistem Kontrol

The background features a light gray grid pattern. Overlaid on this grid are three thick, wavy lines in orange, blue, and yellow. The orange line starts at the top left, peaks, and then descends. The blue line starts lower, peaks, and then descends. The yellow line starts at the top left, peaks, and then descends. The lines overlap each other, creating a layered effect.

# Pengantar

- **Analisa:** proses untuk mengetahui performa sistem
  - Contoh: kita mengevaluasi transient response (respon sementara atau perpindahan kondisi) dan steady-state error (error kondisi tetap) dari sistem apakah sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan
- **Desain:** Proses untuk membangun dan mengubah performa sistem
  - Contoh: jika ternyata transient response dan steady-state error tidak sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan, maka kita akan mengubah parameter atau menambah komponen baru agar bisa memenuhi spesifikasi
- **Sistem Kontrol adalah dinamis:** sistem merespon terhadap input dengan melakukan transient response (perpindahan kondisi) sebelum mencapai kondisi tetap yang sesuai dengan input.
  - Contoh: lift
    - Input: tingkat lantai yang dikehendaki
    - Transient response : gerakan menuju lantai yang dikehendaki
    - Steady-state response: berhenti di lantai yang dikehendaki

# Tujuan Analisa dan Desain Sistem Kontrol

- Tujuan Utama:

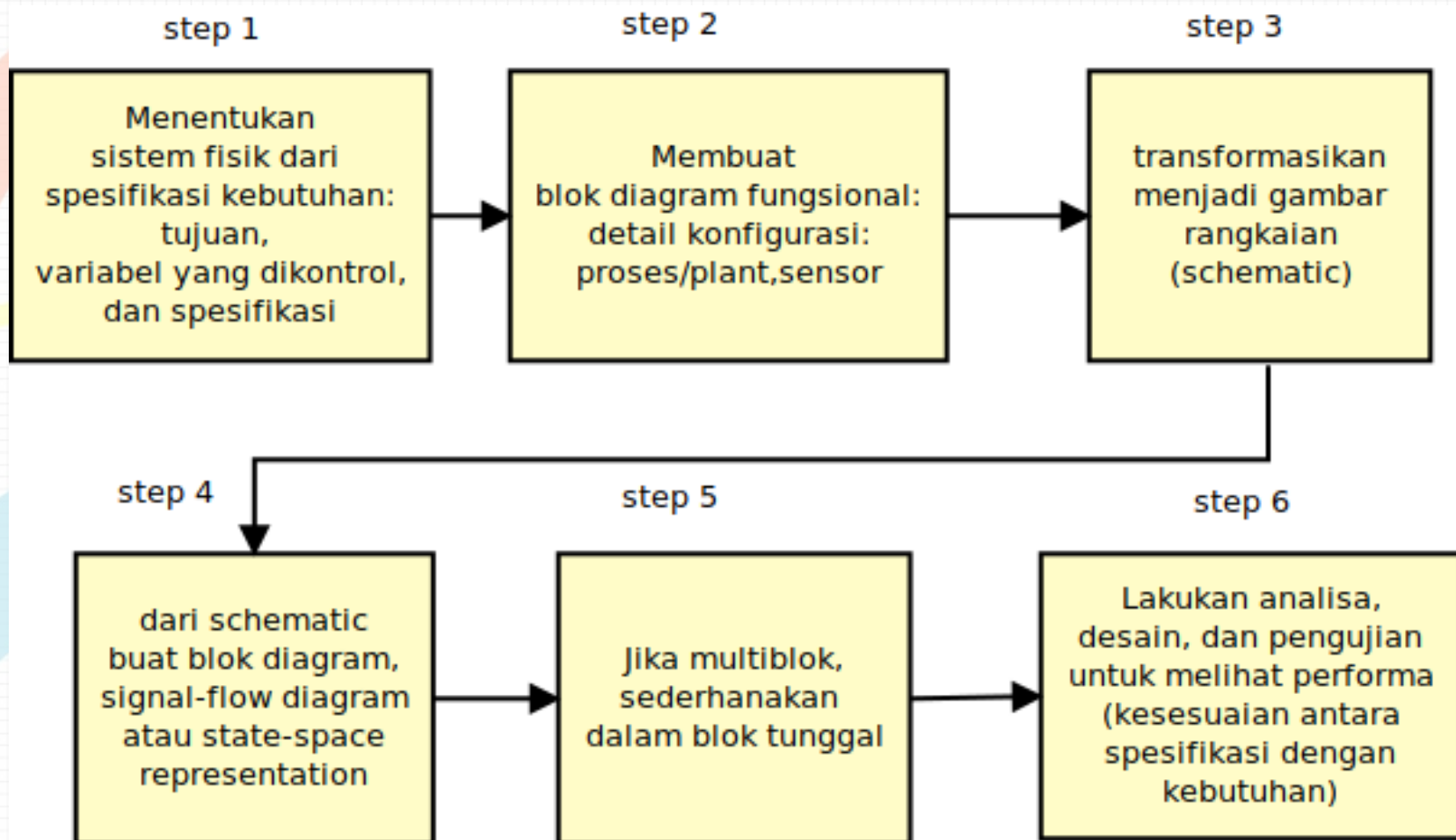
- Menghasilkan transient respon sesuai yang dikehendaki
- Meminimalisir steady-state error
- Mencapai kestabilan
  - Respon dari sistem adalah gabungan dari respon natural dengan respon yang dipaksa (respon yang diarahkan)
  - Natural respon merupakan murni perilaku dari sistem
  - Agar sistem kontrol berguna, natural respon harus mengalami satu dari dua berikut:
    - Menuju ke nol, sehingga tinggal respon yang diharapkan
    - Berosilasi (tetap ada tapi tidak divergent)

- Tujuan lain:

- Ekonomis
- Robus (tidak sensitiv terhadap perubahan)



# Langkah Analisa dan Desain



# Studi Kasus: Sistem Kontrol Posisi



Peter Menzel

- Gambar disamping adalah teleskop untuk menerima sinyal dari angkasa luar. Sistem kontrol mengontrol arah antenna.
- Tujuan dari sistem adalah sudut azimuth antenna  $\theta_o(t)$  mengikuti input sudut potensiometer  $\theta_i(t)$

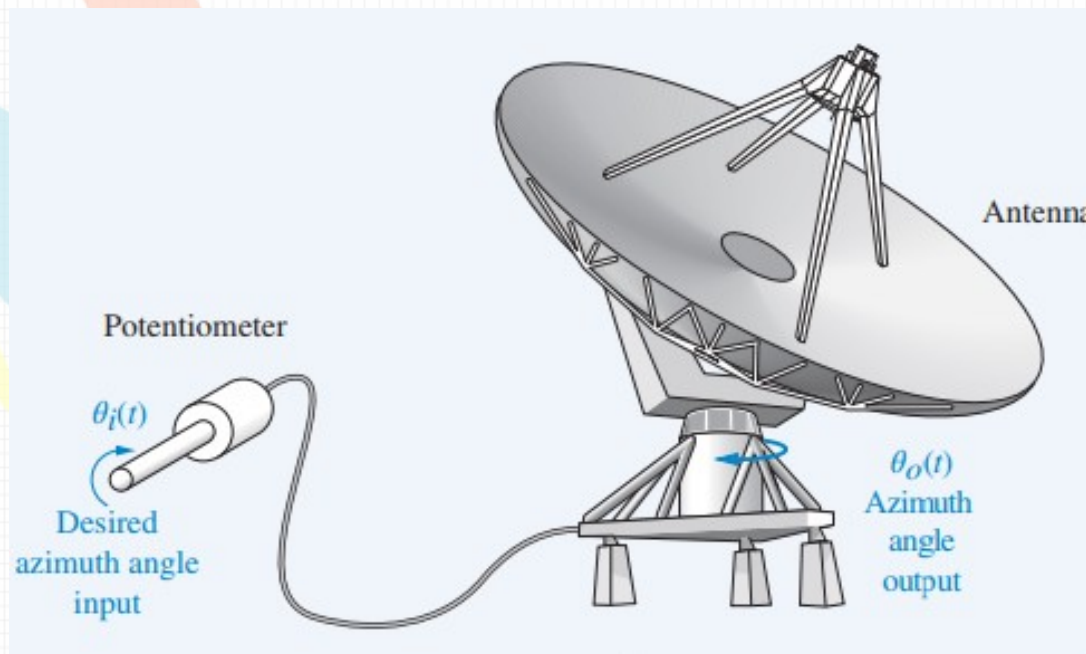
# Studi kasus

- Deskripsi sistem:

- Perintah input berupa putaran potensiometer yang mengubah sudut menjadi tegangan, Outputnya mengubah voltage menjadi arah putaran. Amplifier menguatkan sinyal menggeakkan actuator untuk mengendalikan plant yaitu antena.
- Sistem secara normal akan mengendalikan error ke nilai 0, jika input dan output sesuai ( $\text{error} = 0$ ) motor penggerak akan diam. Semakin besar perbedaan input dengan output, maka tegangan input motor semakin besar, dan gerakan motor semakin cepat.
- Semakin tinggi kecepatan putar motor, maka momentum semakin besar, sehingga kemungkinan motor akan berputar hingga melebihi sudut yang diinginkan, maka sistem harus memerintahkan untuk kembali ke arah yang benar. Jadi transient responnya bisa berupa osilator yang mengalami peredaman.
- Kontrol sistem harus mampu mengantisipasi respon dinamis ini dan mencapai steady-state error nol.
- Maka tujuan dari sistem ini bisa disimpulkan adalah transient response yang tepat, steady-state error nol, dan stabilitas (gerakan dan getaran momentum harus bisa dikendalikan)

# Proses Desain 1: Transformasi spesifikasi kebutuhan ke bentuk fisik sistem

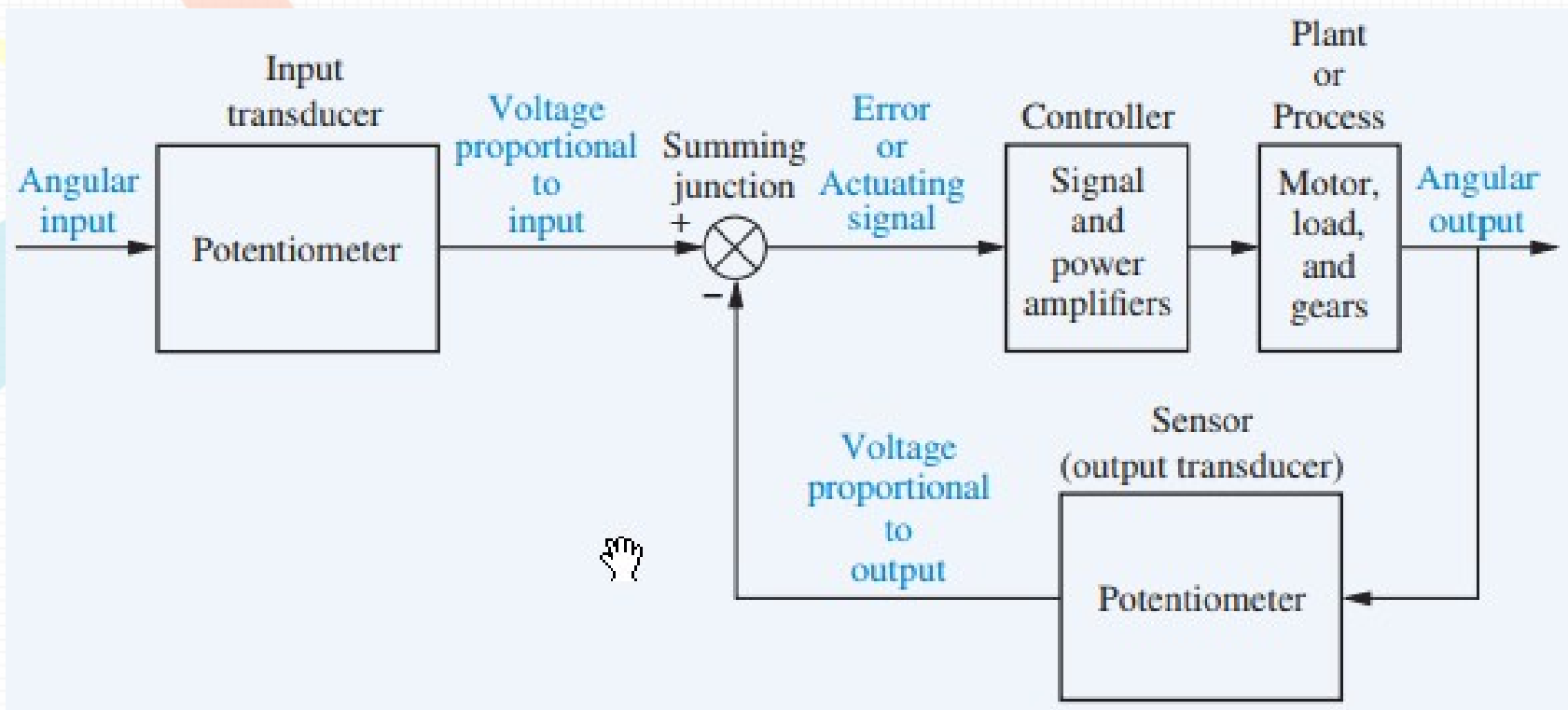
- Menentukan sistem fisik berdasarkan spesifikasi kebutuhan (requirement)
  - Spesifikasi Kebutuhan:
    - Posisi yang diinginkan
    - Deskripsi ukuran dan bentuk fisik
    - Respon transient yang diinginkan
    - Akurasi sudut (steady-state respon)





# Proses Desain Tahap 2: Membuat blok diagram fungsional

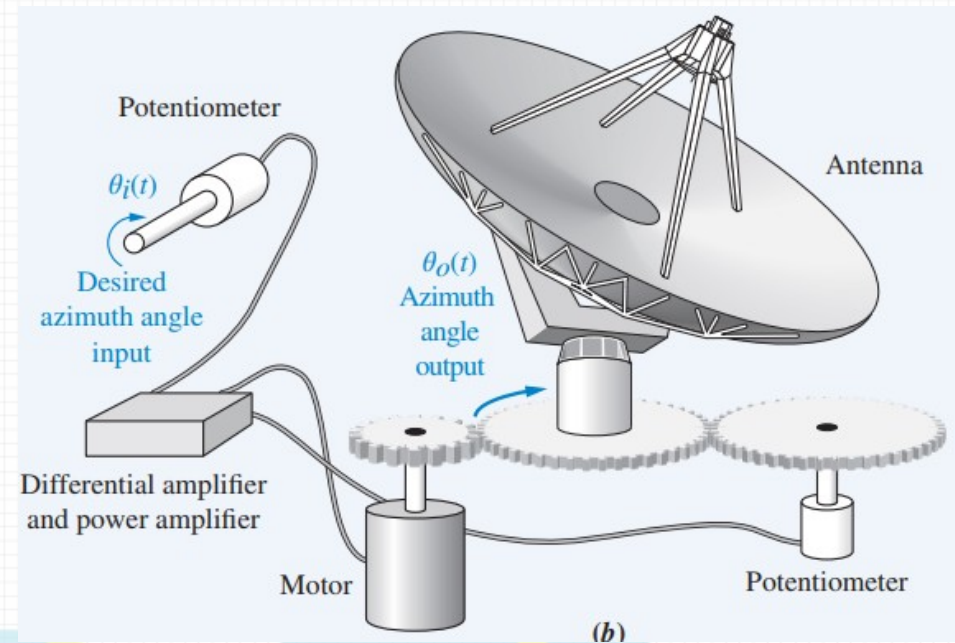
- Desainer menterjemahkan deskripsi kualitatif menjadi blok diagram fungsional yang mendeskripsikan komponen dari sistem dan menggambarkan interkoneksinya





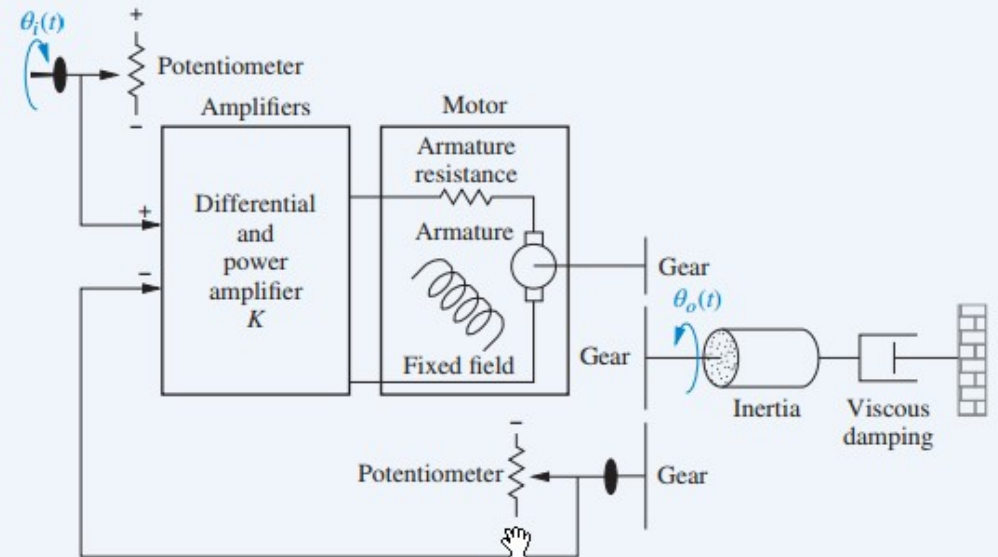
# Proses Dessain tahap 2

- Blok diagram fungsional mengindikasikan fungsi seperti inpput transducer dan kontroler, dan hardware yang diperlukan, seperti amplifiier dan motor (actuator).
- Dari hal tersebut bisa dibuat layout sistem secara lebih detil sebagaimana di samping



# Proses Desain Tahap 3: membuat schematic

- Sebagaimana diketahui dari tahap selanjutnya, sistem merupakan gabungan dari komponen elektrik, mekanik, dan elektromekanik.
- Desainer lalu mentransformasikan deskripsi fisik ke dalam diagram schematic
- Desainer harus membuat perkiraan tentang sistem, dan mengabaikan fenomena tertentu untuk mencegah schematic menjadi terlalu kompleks
- Mulai dari representasi schematic yang sederhana dan pada tahapan selanjutnya mengecek asumsi melalui analisa dan simulasi komputer. Jika representasi sederhana tidak sesuai dengan sistem yang diobservasi, desainer menambahkan fenomena yang sebelumnya diasumsikan bisa diabaikan, lalu diuji lagi, hingga sesuai



- Beberapa asumsi:
  - Mengabaikan kelembaman pada potensiometer
  - Amplifier langsung menghasilkan penguatan yang diinginkan
  - Komponen motor bersifat resistif maupun induktif, dengan hanya menggambarkan resistansi, berarti pengaruh induktif di sini diabaikan
  - Desainer juga membuat asumsi pada beban, yang terdiri dari masa berputar dan bearing. Maka dibuat asumsi adanya inersia (kelembaman dan viscous damping dari pelumas
- Keputusan dalam menentukan schematic ini sangat dipengaruhi oleh pengetahuan fisik sistem, hukum fisik yang berlaku pada sistem, dan pengalaman praktis.

# Proses Desain Tahap 4: Membuat blok diagram model matematika

- Setelah schematic digambar, desainer menggunakan hukum fisik yang berlaku pada sistem, untuk membuat model matematika. Pada sistem kontrol antena di atas, berlaku:
  - Hukum tegangan Kirchhoff : jumlah tegangan pada rangkaian tertutup = 0
  - Hukum arus kirchhoff : Jumlah arus listrik yang mengalir melalui titik = 0
  - Hukum Newton: Jumlah daya pada benda adalah nol, jumlah momentum = 0
- Hukum Kirchhoff dan hukum Newton menghasilkan model matematika yang menggambarkan hubungan input dan output sebagai sistem yang dinamis. Salah satu model tersebut adalah persamaan diferensial linear time invariant sebagaimana berikut:

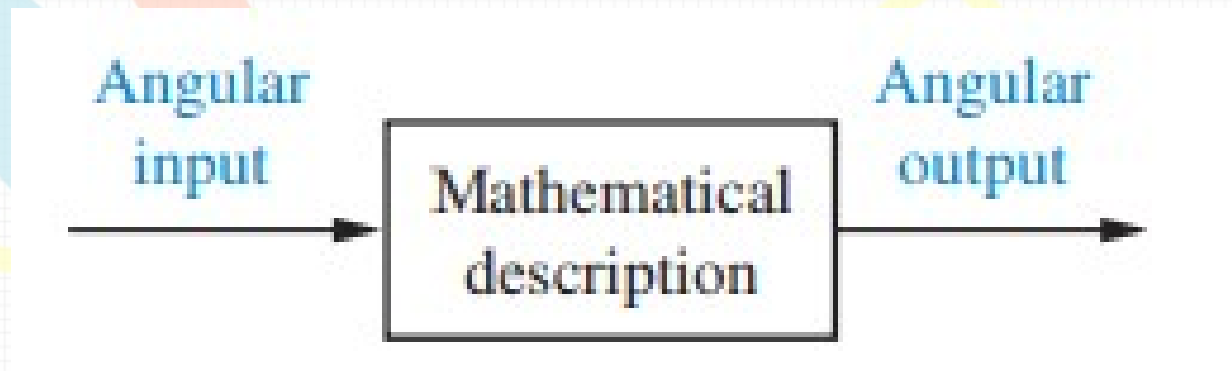
$$\frac{d^m c(t)}{dt^m} + d_{n-1} \frac{d^{m-1} c(t)}{dt^{m-1}} + \dots + d_0 c(t) = b_m \frac{d^m r(t)}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} r(t)}{dt^{m-1}} + \dots + b_0 r(t)$$

- Banyak sistem digambarkan dengan persamaan di atas, dengan output =  $c(t)$ , input =  $r(t)$ , dan parameter  $a$  dan  $b$ .



# Proses tahap 5: mereduksi diagram blok

- Sistem yang besar, disederhanakan menjadi blok kecil, dengan memanfaatkan hukum fisik yang berlaku
- Jika sudah sederhana, maka kita siap melakukan analisa
- Tahap ini bisa dilewatkan jika kita hanya memerlukan untuk menganalisa performa masing-masing subsistem



# Tahap 6: Analisa

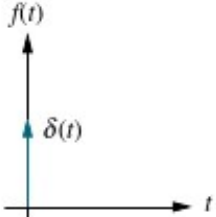
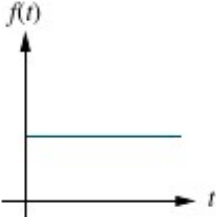
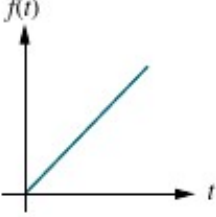
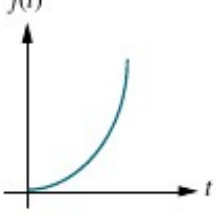
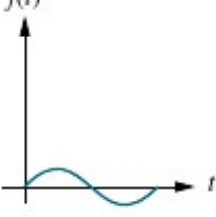
- Analisa menggunakan simulasi komputer
- Ada banyak tool yang bisa digunakan:
  - Matlab dan simulink
  - Scilab
  - Labview
  - Modelica
- Pada tahap ini dilihat apakah spesifikasi respon dan performance requirement sudah bisa dipenuhi dengan hanya melakukan penyesuaian parameter saja. Jika tidak, maka desainer perlu mendesain tambahan hardware untuk mendapatkan performa yang diharapkan

# Bagaimana Menganalisa?

- Pengujian dengan memberikan sinyal tes sebagai input.
- Sinyal tes berupa sinyal-sinyal standard, yaitu:
  - Impuls
  - Steps
  - Parabola
  - Sinusoid
- Response dari sistem terhadap input sinyal dinalisa apakah sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan



**TABLE 1.1** Test waveforms used in control systems

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