

# Analisa Response Waktu Sistem Kendali

Fatchul Arifin (fatchul@uny.ac.id)

Sebelum dianalisa, suatu system harus dimodelkan dalam model Matematik. Selanjutnya kita akan melihat bagaimanakah performance dari sistem tersebut. Empat hal yang sangat penting dalam melihat performance sistem adalah :

- **Accuracy**
  - Seberapa dekat hasil/output sistem terhadap setting yang dikehendaki oleh user. Steady State Error (SSE) adalah hal yang penting untuk diukur.
- **Speed of Response**
  - Dalam sistem kendali tentu lebi cepat suatu respons akan lebih baik. Ada beberapa macam ukuran untuk menentukan kecepatan sistem:
    - Time constant → hanya untuk sistem orde 1
    - rise time dan settling time → untuk orde yang lebih tinggi
- **Stability and Relative Stability**
  - Sistem yang tidak stabil tidak dapatlah berguna. Kita harus mengetahui sejauh mana sistem tersebut stabil. Dua macam ukuran untuk menentukan ukuran :
    - Persentasi Overshoot. Jika pada sistem diberikan suatu nilai baru / atau terkena gangguan sistem kemungkinan akan mengalami overshoot sebelum akhirnya stabil lagi.
    - Phase margin. Ini ukuran dalam domain frekuensi (response frekuensi, untuk menentukan kestabilan relati melalui kriteria kestabilan Nyquist.
- **Sensitivity to Parameter Changes in the Controlled System**
  - Ssuatu barangkali akan berubah atau ada gangguan dari luar. Sejauh mana sistem kita dapat mengatasi hal ini. Ketika ada perubahan semacam itu, sistem kontrol seharusnya tetap dapat bekerja dengan baik.

## RESPONS SYSTEM terhadap waktu.

Response waktu adalah sesuatu hal yang sangat penting. Ketika kita mendesain sebuah sistem respns waktu adalah utama yang harus diperhatikan. Kenapa hal tsb penting? Karena:

1. Kita akan mengetahui **seberapa cepat sistem** memberikan respons terhadap masukan. Contoh: seberapa cepat kendali temperatur anda me response thd perubahan suhu yang ada.
2. Dari response waktu kita akan mengetahui , apakah ada **overshoot??** Dan sejauh mana sistem menjadi tdk stabil???
3. Dari response waktu kita akan mengetahui , apakah ada **osilasi??** Osilasi adalh sesuatu yang tidak diharapkan.
4. Dari response waktu kita akan mengetahui , Seberapa jauh sistem akurat???. Kita akan dapat menghitung besarnya **SSE**.

Response waktu system kontrol ada dua:

- Response Transien : Response system mulai keadaan awal hingga keadaan akhir)
- Response keadaan tunak (Steady state): Response system jika  $t = \infty$  terhingga

## Sinyal Input dalam menganalisa sistem.

Sinyal input yang sering digunakan untuk menguji system adalah:

- Fungsi tangga/Step
- Fungsi Ramp
- Fungsi percepatan
- Fungsi impuls
- Fungsi sinusoidal

Input yang mana yang akan dipilih untuk menguji, tergantung pd bentuk sinyal yang nanti akan sering diterima oleh system riil:

- Jika masukan : sinyal fungsi waktu yang berangsur-angsur berubah maka RAMP akan dipilih
- Jika input tetap, dan system akana dikenai gangguan tiba-tiba, maka sinyal STEP dipilih
- Jika input berupa sinyanya kejut, maka fungsi IMPULS dipilih

Sssssssssssssssss

## RESPONSE SYSTEM

Tujuan pada perkuliahan ini:

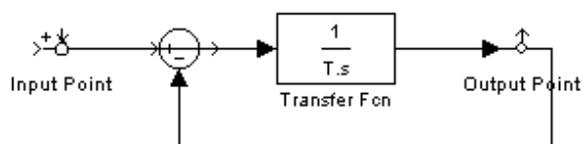
1. Given a first order system,
  - Determine the impulse and step response of the system.
2. Given the step response of a first order system,
  - Determine the parameters - DC gain and time constant of the system.

Bentuk umum sistem orde satu:

$$G(s) = \frac{G_{dc}}{\tau s + 1}, \text{ dimana :}$$

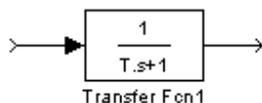
- $\tau$ , the time constant, akan menentukan seberapa cepat sistem mencapai kondisi steady state
- $G_{dc}$ , the DC gain of the system, akan menentukan sejauh mana besarnya response saat steady state

Lihat system orde pertama pada gambar dibawah



TF dari system ini diberikan oleh :

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{1}{\tau \cdot s + 1} \text{ **buktikan ....!!!! (TUGAS)**}$$



$$X(s) \longrightarrow G(s) \longrightarrow Y(s)$$

$$G(s) = Y(s)/X(s)$$

$$Y(s) = G(s) \cdot X(s)$$

Dimana

Y = Output

G= TF

X = input

Catatan :

Perkalian dalam daerah kompleks (S) = Konvolusi dalam daerah waktu.

$$Y(s) = G(s) \cdot X(s)$$

$$y(t) = \int_0^t x(\tau) \cdot g(t - \tau) d\tau$$

## RESPONSE SISTEM ORDE PERTAMA

### Response system orde pertama masukan STEP

Jika  $x(t) = u(t)$  (unit step), maka  $X(s) = 1/s$

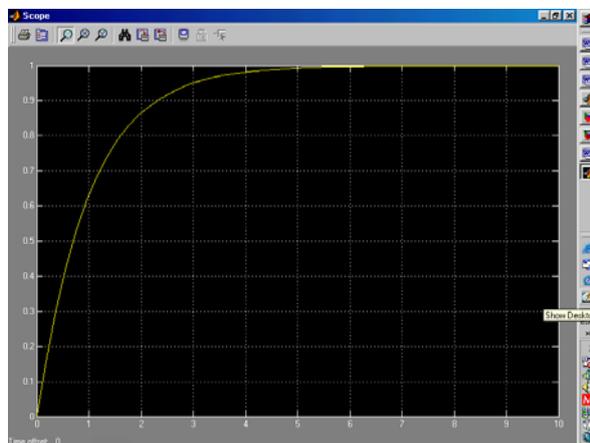
$$\text{Maka } C(s) = \frac{1}{\tau \cdot s + 1} \cdot \frac{1}{s}$$

$$C(s) = -\frac{\tau}{\tau \cdot s + 1} + \frac{1}{s} \quad \text{BUKTIKAN .....!!!! (TUGAS)}$$

Dengan laplace balik diperoleh :

$$c(t) = 1 - e^{-t/\tau} \quad \text{BUKTIKAN .....!!!! (TUGAS)}$$

Jika  $\tau = 1$  diperoleh gambar:



### Response system orde pertama masukan RAMP

Jika  $x(t) = t$  (unit ramp), maka  $X(s) = 1/s^2$

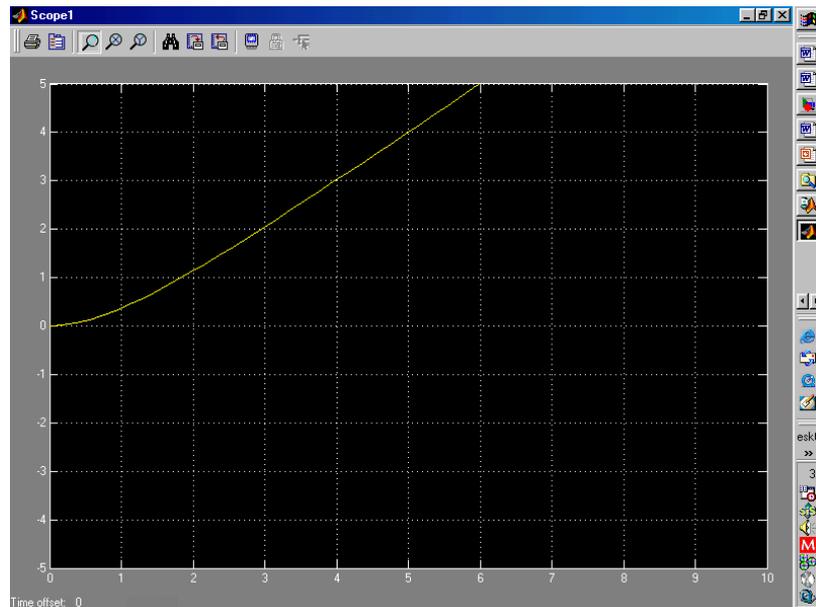
$$\text{Maka } C(s) = \frac{1}{\tau \cdot s + 1} \cdot \frac{1}{s^2}$$

$$C(s) = \frac{\tau^2}{\tau \cdot s + 1} + \frac{1}{s^2} - \frac{\tau}{s} \quad \underline{\text{BUKTIKAN .....!!!! (TUGAS)}}$$

Dengan laplace balik diperoleh :

$$c(t) = \tau e^{-t/\tau} + t - \tau \quad \underline{\text{BUKTIKAN .....!!!! (TUGAS)}}$$

untuk  $T=1$  diperoleh gambar



**Response system orde pertama masukan Impuls**

## RESPONSE IMPULS

Ingat :  $Y(s) = G(s) \cdot X(s)$

Sedangkan jika  $x = \text{impuls}$ , maka  $X(s) = 1$ , shg

$Y(s) = G(s)$ .

$y(t) = g(t)$

Padahal  $G(s)$  merupakan TF dari system, yang mengandung informasi watak dinamik dari system. **Oleh karena itu response system saat masukanya IMPULSE akan sama dengan TF daris sitem.**

Dengan kata lain kalau kita ingin mengetahui watak dari system dapat diperoleh dengan memberikan masukan IMPULS pada suatu system dan mengukur/menangkap response/outputnya.

Bagaimana gambar responya???

Jika  $x(t) = \delta(t)$  (unit impuls), maka  $X(s) = 1$

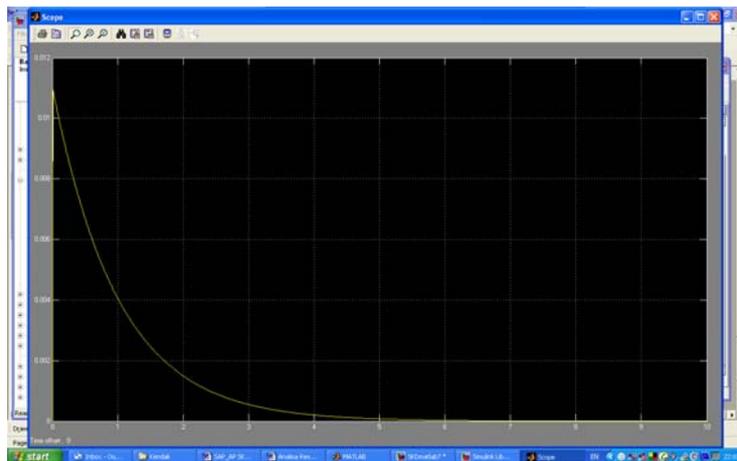
$$\text{Maka } C(s) = \frac{1}{\tau \cdot s + 1}$$

Dengan laplace balik diperoleh :

$$c(t) = \frac{1}{\tau} e^{-t/\tau} \quad \text{BUKTIKAN .....!!!! (TUGAS)}$$

Jika  $\tau = 1$  diperoleh gambar:

**TUGAS GAMBAR RESPONNYA!!!!!!**



## KESIMPULAN RESPONSE SISTEM ORDE PERTAMA

Response ramp ,  $r(t) = t \quad \rightarrow \quad c(t) = Te^{-t/T} + t - T$

Response undak,  $r(t) = 1u(t) \quad \rightarrow \quad c(t) = 1 - e^{-t/T}$

Response impuls  $r(t) = \delta(t) \quad \rightarrow \quad c(t) = \frac{1}{T} e^{-t/T}$

Dari ketiganya dapat disimpulkan : **RESPONSE DARI TURUNAN SUATU SINYAL MASUKAN DAPAT DIPEROLEH DARI MENURUNKAN RESPONSE**

**SISTEM DARI SINYAL SEMULA. Hal ini merupakan sifat dari sinyal time-invariant.**

Sistem Kendali dikatakan stabil (Kestabilan system kendali):

- Ketika tdk ada gangguan dalam kondisi setimbang
- Ketika ada gangguan, akhirnya jg akan kembali dlm kondisi setimbang

Sistem Kendali dikatakan tdk stabil (Ketidak stabilan system kendali):

- Keluaran berosilasi terus menerus
- Keluaran membesar tanpa batas jika dikenai gangguan

Kesalahan keadaan tunak:

- Jika keluaran akhir system tidak tepat seperti yang dikehendaki oleh setting input