

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** memmberikan 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:

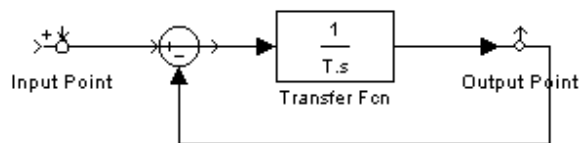
1. Given a first order system,
 - Determine the impulse and step response of the system.
2. Given the step response of a first order system,
 - Determine the parameters - DC gain and time constant of the system.

Bentuk umum sistem orde satu:

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

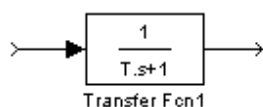
- τ , the time constant, akan menentukan seberapa cepat sistem mencapai kondisi steady state
- G_{dc} , the DC gain of the system, akan menentukan sejauh mana besarnya response saat steady state

Lihat system orde pertama pada gambar dibawah



TF dari system ini diberikan oleh :

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



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

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

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

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 $X(s) = 1/s$

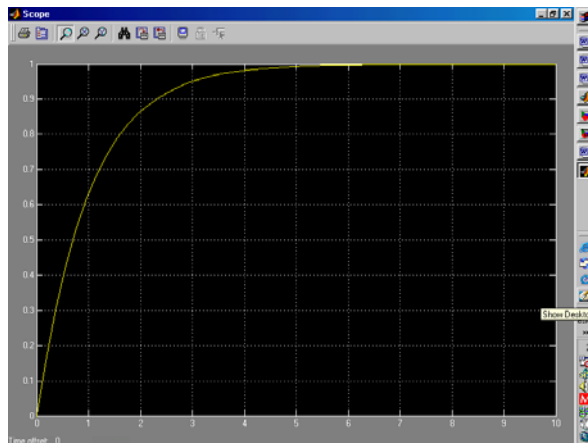
$$\text{Maka } C(s) = \frac{1}{\tau \cdot s + 1} \cdot \frac{1}{s}$$

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

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 $X(s) = 1/s^2$

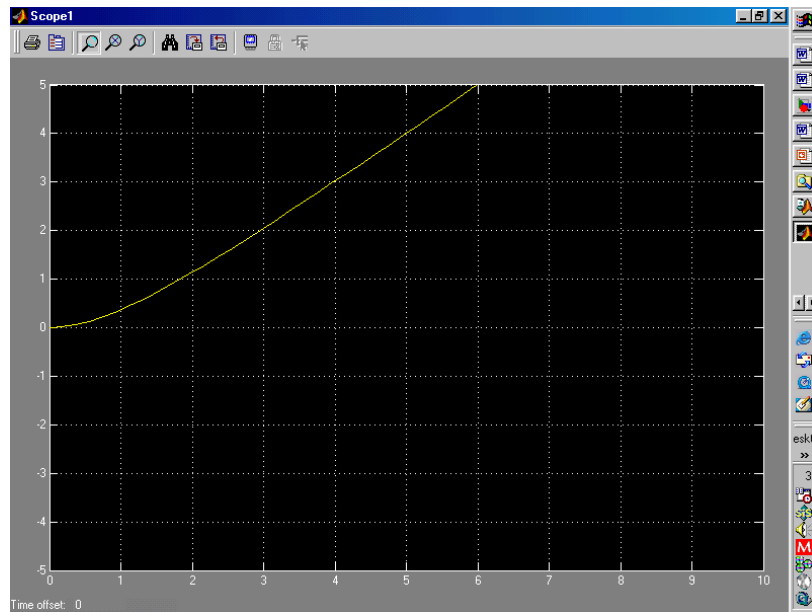
$$\text{Maka } C(s) = \frac{1}{\tau \cdot s + 1} \cdot \frac{1}{s^2}$$

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

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 $X(s) = 1$

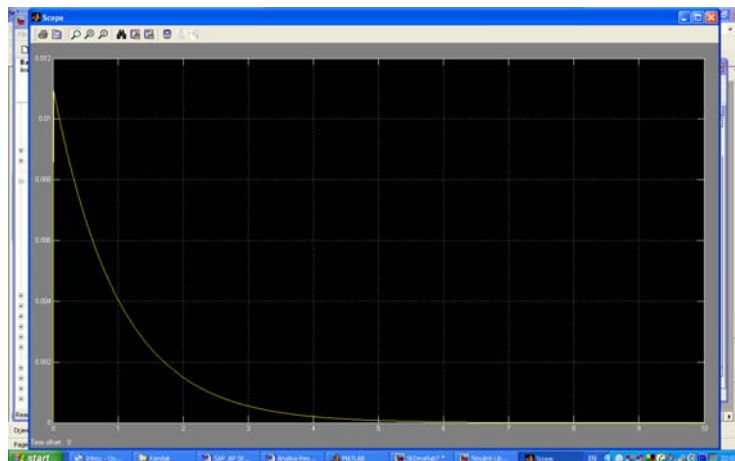
$$\text{Maka } C(s) = \frac{1}{\tau \cdot s + 1}$$

Dengan laplace balik diperoleh :

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

Jika $\tau = 1$ diperoleh gambar:

TUGAS GAMBAR RESPONYA!!!!!!



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