

# Fungsi Alih & Diagram Blok

# Langkah- langkah dalam analisis dan desain sistem kendali

- Penurunan model matematis sistem fisis (Persamaan Diferensial).
- Peroleh Model Linear dari komponen-komponen sistem.
- Gunakan transformasi Laplace untuk komponen-komponen sistem tersebut.
- Turunkan hubungan antara output dengan input masing-masing komponen (Fungsi Alih)
- Diagram Blok sistem diperoleh melalui interkoneksi komponen-komponen tersebut.
- Gunakan reduksi diagram blok untuk memperoleh fungsi alih sistem.

# FUNGSI ALIH

- Digunakan untuk memudahkan melihat karakteristik suatu sistem.
- Karakteristik suatu sistem tak dipengaruhi oleh jenis input.
- Hanya berlaku untuk sistem linear, invariant waktu.
- Definisi: Perbandingan fungsi Laplace output dengan fungsi Laplace input dengan semua kondisi mula dianggap nol.

Persamaan Differensial orde-n:

$$\begin{aligned} a_0 y^{(n)} + a_1 y^{(n-1)} + \dots + a_{n-1} \dot{y} + a_n y \\ = b_0 x^{(m)} + b_1 x^{(m-1)} + \dots + b_{m-1} \dot{x} + b_m x \quad (n \geq m) \end{aligned}$$

Bentuk Laplace nya (untuk semua kondisi mula =0):

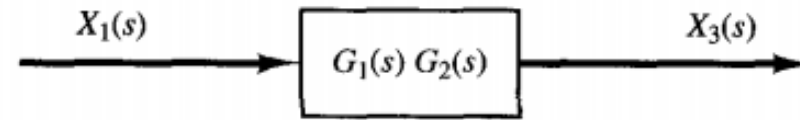
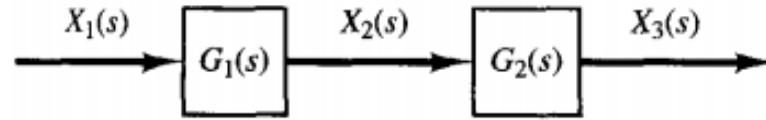
$$[a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + \dots + a_{n-1} s + a_n] Y(s) = [b_0 s^m + b_1 s^{m-1} + \dots + b_{m-1} s + b_m] X(s)$$

Fungsi Alih (untuk input =  $X(s)$ , output =  $Y(s)$ ):

$$\begin{aligned}\text{Transfer function} = G(s) &= \frac{\mathcal{L}[\text{output}]}{\mathcal{L}[\text{input}]} \Bigg|_{\text{zero initial conditions}} \\ &= \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{b_0s^m + b_1s^{m-1} + \dots + b_{m-1}s + b_m}{a_0s^n + a_1s^{n-1} + \dots + a_{n-1}s + a_n}\end{aligned}$$

# Fungsi Alih Komponen- komponen Terhubung Secara Serial

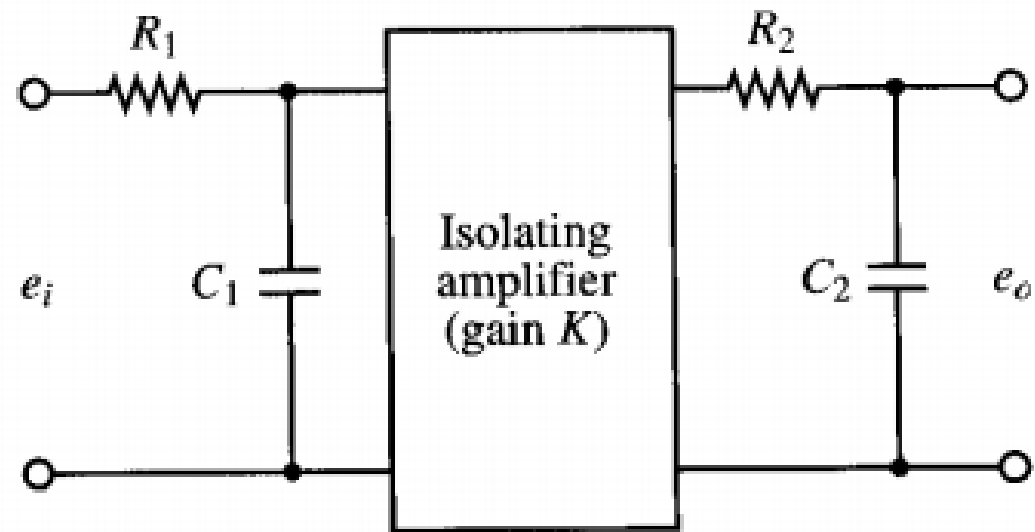
## 1. Tanpa faktor Pembebanan:



$$G_1(s) = \frac{X_2(s)}{X_1(s)} \quad \text{and} \quad G_2(s) = \frac{X_3(s)}{X_2(s)}$$

$$G(s) = \frac{X_3(s)}{X_1(s)} = \frac{X_2(s)X_3(s)}{X_1(s)X_2(s)} = G_1(s)G_2(s)$$

Contoh :

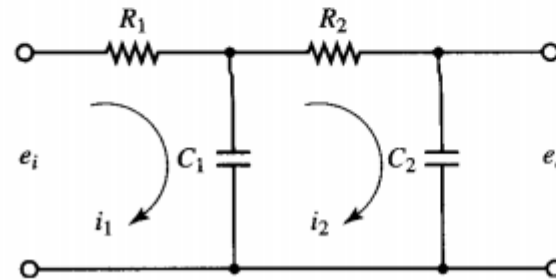


$$\begin{aligned}\frac{E_o(s)}{E_i(s)} &= \left( \frac{1}{R_1 C_1 s + 1} \right) (K) \left( \frac{1}{R_2 C_2 s + 1} \right) \\ &= \frac{K}{(R_1 C_1 s + 1)(R_2 C_2 s + 1)}\end{aligned}$$

## 2. Ada Faktor Pembebanan

Banyak sistem kendali memiliki komponen yang membebani satu sama lain.

Misal : Tingkat kedua rangkaian ( $R_2C_2$ ) membebani tingkat pertama ( $R_1C_1$ ).





Persamaan Rangkaian:

$$\frac{1}{C_1} \int (i_1 - i_2) dt + R_1 i_1 = e_i$$

$$\frac{1}{C_1} \int (i_2 - i_1) dt + R_2 i_2 + \frac{1}{C_2} \int i_2 dt = 0$$

$$\frac{1}{C_2} \int i_2 dt = e_o$$

Dalam Bentuk Laplace

$$\frac{1}{C_1 s} [I_1(s) - I_2(s)] + R_1 I_1(s) = E_i(s)$$

$$\frac{1}{C_1 s} [I_2(s) - I_1(s)] + R_2 I_2(s) + \frac{1}{C_2 s} I_2(s) = 0$$

$$\frac{1}{C_2 s} I_2(s) = E_o(s)$$

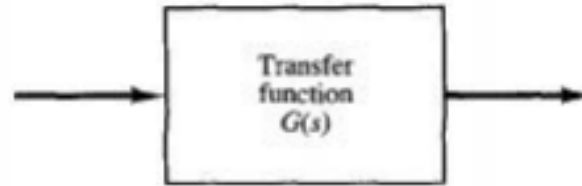
Fungsi Alih:

$$\begin{aligned} \frac{E_o(s)}{E_i(s)} &= \frac{1}{(R_1 C_1 s + 1)(R_2 C_2 s + 1) + R_1 C_2 s} \\ &= \frac{1}{R_1 C_1 R_2 C_2 s^2 + (R_1 C_1 + R_2 C_2 + R_1 C_2) s + 1} \end{aligned}$$

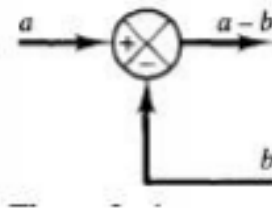
# DIAGRAM BLOK

- Tidak praktis menggambarkan karakteristik setiap komponen dalam suatu sistem kendali.
- Karakteristik sekelompok komponen yang membentuk suatu fungsi tertentu (sub-sistem) diwakili oleh satu blok fungsi alih.
- Diagram blok: Interkoneksi antar beberapa blok fungsional sehingga membentuk suatu sistem kendali (loop terbuka / tertutup).
- Diagram blok dapat menggambarkan sifat-sifat dinamis suatu sistem dan aliran sinyal, tetapi tak menggambarkan konstruksi fisik sistem tsb.
- Suatu sistem fisis yang berbeda dapat saja memiliki diagram blok yang sama (misal: analogi sistem mekanis  $\leftrightarrow$  elektrik ).
- Komponen-komponen dasar:

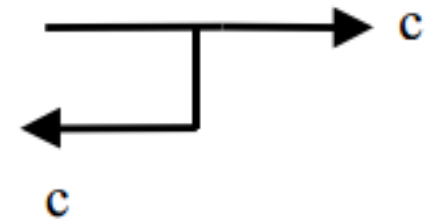
- Blok fungsional



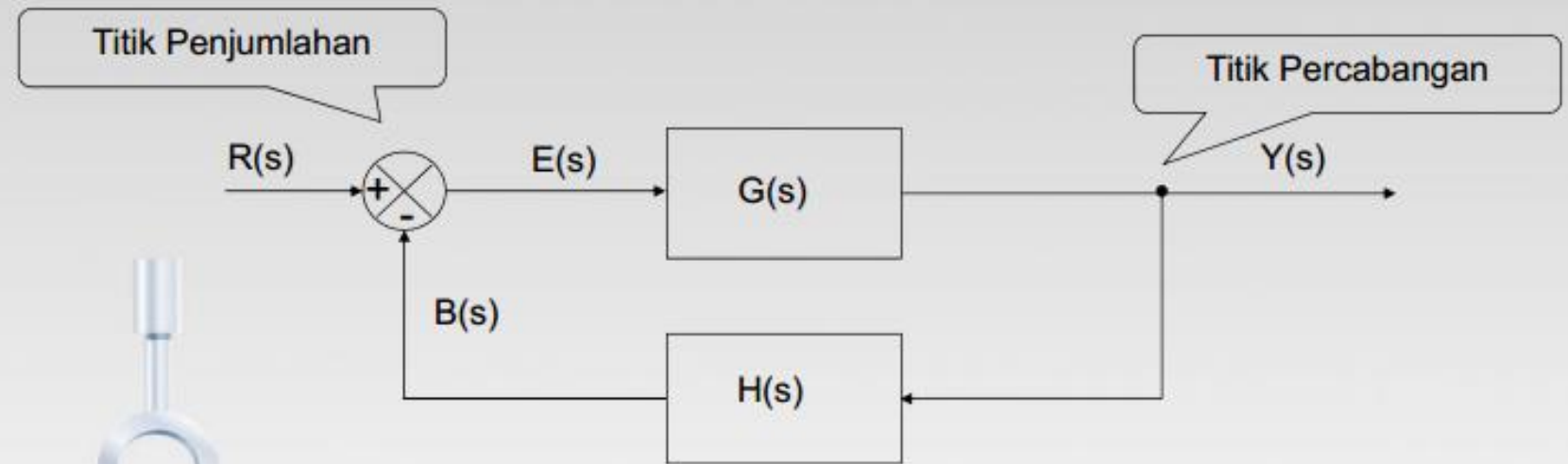
- Titik penjumlah (summing point)



- Percabangan



# Diagram Blok sistem tertutup: Ideal




$R(s)$ =Referensi sinyal input  
 $E(s)$ =Sinyal error [ $E(s)=R(s)-B(s)$ ]  
 $G(s)$ ,  $H(s)$ =Fungsi Transfer  
 $B(s)$ = Sinyal feedback  
 $Y(s)$ =Sinyal output

Feed-forward Transfer Function, FFTF

$$FFTF = \frac{Y(s)}{E(s)} = G(s)$$

Open-Loop Transfer Function, OLTF


$$OLTF = \frac{B(s)}{E(s)} = G(s)H(s)$$

Closed-Loop Transfer Function, CLTF

$$CLTF = \frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)}$$

Hubungan Input Output (Lihat Diagram Blok):

$$Y(s) = G(s)E(s)$$

$$E(s) = R(s) - B(s)$$

$$B(s) = H(s)Y(s)$$

Atau

$$Y(s) = G(s)[R(s) - H(s)Y(s)]$$

$$Y(s) + G(s)H(s)Y(s) = G(s)R(s)$$

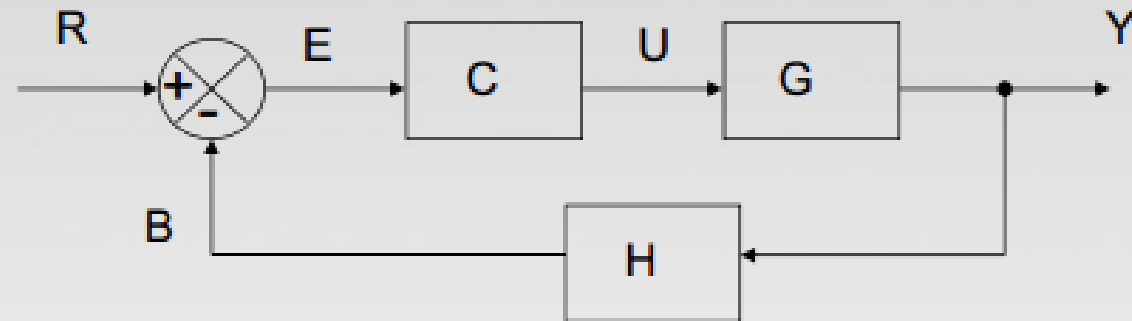
$$(1 + G(s)H(s))Y(s) = G(s)R(s)$$

Atau,

$$Y(s) = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)} R(s)$$

# Latihan

Diagram blok dari suatu sistem diberikan seperti gambar berikut, Tentukan:  
a). Open-Loop Transfer Function, OLTF  
b). Closed-Loop Transfer Function, CLTF



- END -