1.3. Sistem Elementer

Sistem elementer dinyatakan dengan hubungan input-output yang sederhana

y(t) = operasi pada x(t)

Relasi ini disebut karakteristik transfer.

Sistem Elementer dibagi menjadi

1. Elemen Statik
2. Elemen Dinamik
3. Elemen Arithmatik

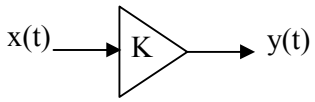
Elemen statik jika output hanya bergantung pada input saat yang sama
Elemen dinamik jika salah satu output bergantung pada input dari waktu sebelumnya
Elemen arithmatik : penjumlahan, pengurangan, perkalian dan pembagian

1.3.1. Elemen Statik

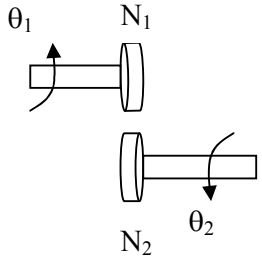
Salah satu elemen statik adalah elemen proporsional yang dinyatakan dengan

y(t) = kx(t)

Output pada waktu t bergantung pada nilai input pada t yang sama. Dengan diagram blok dapat digambarkan :



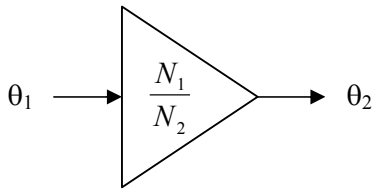
Contoh : Roda gigi



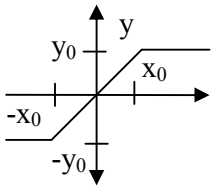
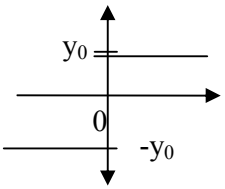
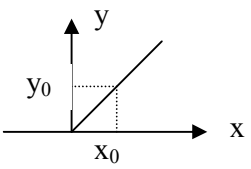
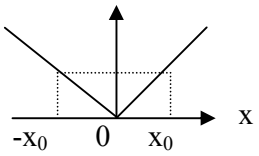
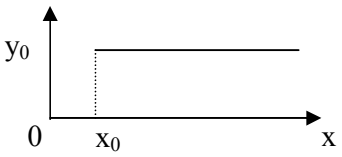
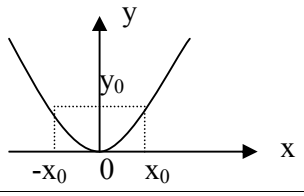
Hubungan perpindahan angular roda gigi

$$\theta_2 = \frac{N_1}{N_2}\theta_1$$

Dapat dinyatakan dengan diagram blok



Beberapa jenis elemen statik lainnya :

Nama	Deskripsi	Grafik
Soft Limiter	$y = \begin{cases} -y_0 & x < -x_0 \\ y_0 \dfrac{x}{x_0} & \lvert x \rvert \le x_0 \\ y_0 & x > x_0 \end{cases}$	
Hard Limiter	$y = \begin{cases} -y_0 & x < 0 \\ 0 & x = 0 \\ y_0 & x > 0 \end{cases}$	
Half-wave Rectifier	$y = \begin{cases} 0 & x \le 0 \\ y_0 \dfrac{x}{x_0} & x > 0 \end{cases}$	
Full-wave Rectifier	$y = y_0 \left\lvert \dfrac{x}{x_0} \right\rvert$	
Comparator	$y = \begin{cases} 0 & x \le x_0 \\ y_0 & x > 0 \end{cases}$	
Square-Law Rectifier	$y = y_0 \left(\dfrac{x}{x_0} \right)^2$	

1.3.2. Elemen Dinamik

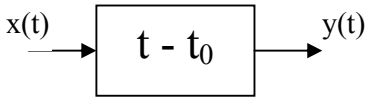
A. Elemen Tunda (delay element)
Adalah elemen dinamik dengan bentuk karakteristik transfer :

$$y(t) = x(t - t_0)$$

dengan

t_0 = waktu tunda (delay time) $\neq 0$

Input dan output satuannya sama
Simbolnya :



Contoh : Tentukan output y(t) bila input $x(t) = x_0 e^{-t/\tau} u(t)$

Jawab :

$$y(t) = x_0 e^{-(t-t_0)/\tau} u(t-t_0)$$

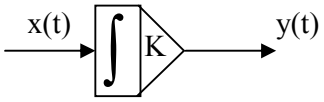
Elemen delay sangat berguna dalam banyak sistem missal radar dan sonar yang memanfaatkan propagation delay

B. Elemen Integral

Adalah elemen dinamik dengan bentuk karakteristik transfer :

$$y(t) = K \int_{-\infty}^{t} x(t)dt$$

Simbol integrator :



Contoh:

Tentukan output dari integrator di atas bila inputnya :

a) Sinyal step : $x(t)=x_0u(t)$

b) Pulsa eksponensial : $x(t) = x_0e^{-t/\tau}u(t)$

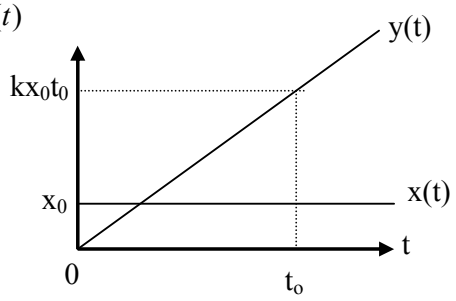
Jawab:

a) $y(t) = k \int_{-\infty}^{t} x_0 u(t)dt$

Karena unit step bernilai 0 untuk t ≤ 0 maka y(t)=0 untuk t ≤ 0 sehingga

$$y(t) = k\int_0^t x_0 dt = kx_0 t \quad ;\ t > 0$$

$$= kx_0 tu(t)$$



b) $y(t) = k\int_{-\infty}^{t} x_0 e^{-t/\tau} u(t) dt$

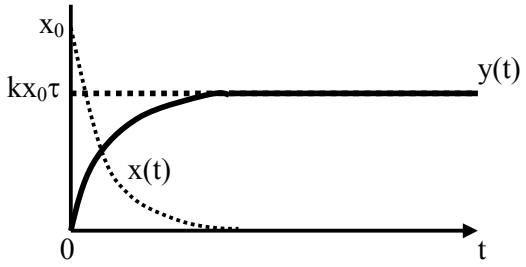
Karena unit step bernilai 0 untuk t ≤ 0 maka y(t)=0 untuk t ≤ 0 sehingga

$$y(t) = k\int_0^t x_0 e^{-t/\tau} dt$$

$$= kx_0\left[-\tau e^{-t/\tau}\right]_o^t = kx_0\left(-\tau e^{-t/\tau} + \tau\right)$$

$$= kx_0\tau\left(1 - e^{-t/\tau}\right) \qquad ;\ t > 0$$

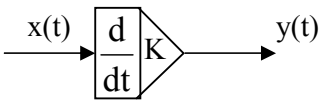
$$= kx_0\tau\left(1 - e^{-t/\tau}\right)u(t)$$



C. Elemen Differensiator

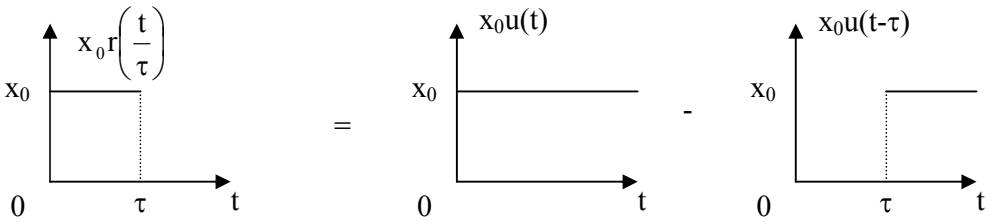
Bentuk karakteristik transfernya : $y(t) = k\dfrac{dx(t)}{dt}$

Simbol differensiator :



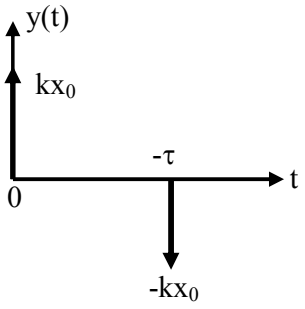
Contoh : Tentukan Output differensiator untuk input $x(t) = x_0 r\left(\dfrac{t}{\tau}\right)$

Jawab :
Pulsa rectangular (kotak) x(t) dapat dinyatakan sebagai selisih dua sinyal step



$$x(t) = x_0 r\left(\frac{t}{\tau}\right) = x_0\left[u(t) - u(t-\tau)\right]$$

$$y(t) = k\frac{dx(t)}{dt} = k\frac{d}{dt}\left[x_0 u(t) - x_0 u(t-\tau)\right]$$
$$= kx_0\left[\delta(t) - \delta(t-\tau)\right]$$



Contoh :

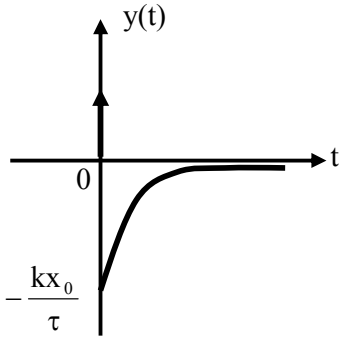
Carilah output dari differensiator untuk input : $x(t)=x_0e^{-t/\tau}u(t)$

Jawab :

$$y(t) = kx_0\frac{d}{dt}\left[e^{-t/\tau}u(t)\right] = kx_0\left[e^{-t/\tau}\frac{du(t)}{dt} + \frac{de^{-t/\tau}}{dt}u(t)\right]$$
$$= kx_0 = \left[e^{-t/\tau}\delta(t) - \frac{1}{\tau}e^{-t/\tau}u(t)\right]$$

Karena fungsi delta adalah nol untuk $t \neq 0$, kita dapat mengganti eksponensial dengan $e^0 = 1$ pada pernyataan pertama sehingga :

$$y(t) = kx_0\left[\delta(t) - \frac{1}{\tau}e^{-t/\tau}u(t)\right]$$



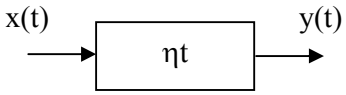
D. Elemen kompresi

Bentuk karakteristik transfernya :

$y(t) = x(\eta t)$

x(t) = input
y(t) = output
η = rasio kompresi

Simbol :



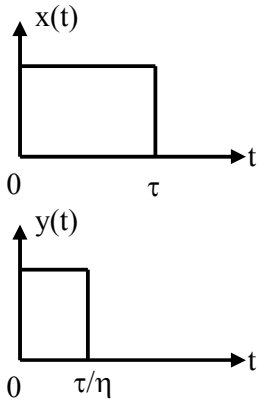
Contoh :

Carilah output dari elemen kompresi untuk input $x(t) = x_0 r\left(\frac{t}{\tau}\right)$

Jawab :

$y(t) = x(\eta t) = x_0 r\left(\frac{\eta t}{\tau}\right) = x_0 r\left(\frac{t}{\tau'}\right)$ bentuknya masih pulsa kotak dengan $\tau' = \frac{\tau}{\eta}$

untuk $\eta > 1$ terjadi kompresi sehingga durasi y(t) < durasi x(t)



untuk $\eta < 1$ terjadi ekspansi sehingga durasi y(t) > durasi x(t)

