

LAPORAN PRAKTIKUM INSTRUMENTASI KENDALI  
UNIT 2  
FUNGSI ALIH DAN RESPON FREKUENSI



Nama Mahasiswa : Airlangga Rasyad Fidiyanto  
No. Mahasiswa : 19/443562/TK/48758

LABORATORIUM INSTRUMENTASI DAN KENDALI  
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO DAN TEKNOLOGI INFORMASI  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS GADJAH MADA  
YOGYAKARTA

2021

## A. Analisis

Pada praktikum kali ini diberikan tiga buah permasalahan yang harus diselesaikan. Permasalahan tersebut meliputi overshoot, settling time, dan risetime dari suatu fungsi alih yang akan diselesaikan dengan Scilab.

### 1. Tugas 1

Diberikan suatu fungsi alih  $G(s) = \frac{a}{s+a}$  untuk  $A = \{1, 2, 3, 4\}$ . Time Specs yang harus dicari adalah settling time dan rise time. Selain itu kita juga harus mencari nilai pole dari komponen fungsi alih tersebut. Rise time ditentukan sebagai rentang waktu ketika sistem bermula  $10\%$  dari  $y_{ss}$  s.d.  $90\%$  dari  $y_{ss}$ . Settling time ditentukan sebagai waktu yang dibutuhkan suatu sistem hingga berjalan di  $\pm 0.98 y_{ss}$ . Secara matematis, rise time dan settling time untuk suatu sistem orde satu ditentukan sebagai  $T_r = \frac{2.2}{a}$  dan  $T_s = \frac{4}{a}$ . Sehingga didapat

$$\begin{array}{lll} \text{if } a = 1 & \text{if } a = 2 & \text{if } a = 3 & \text{if } a = 4 \\ T_r = \frac{2.2}{1} = 2.2 \text{ s} & T_r = \frac{2.2}{2} = 1.1 \text{ s} & T_r = \frac{2.2}{3} \approx 0.73 \text{ s} & T_r = \frac{2.2}{4} = 0.55 \text{ s} \\ T_s = \frac{4}{1} = 4 \text{ s} & T_s = \frac{4}{2} = 2 \text{ s} & T_s = \frac{4}{3} \approx 1.33 \text{ s} & T_s = \frac{4}{4} = 1 \text{ s} \end{array}$$

Hasil yang didapat dari perhitungan matematis tidak berbeda dengan hasil simulasi pada Scilab. Kemudian nilai pole dari suatu sistem ditentukan sebagai pembuat nol dari penyebut fungsi alih, sehingga nilai pole dituliskan setiap nilai  $a$  adalah  $-1, -2, -3$ , dan  $-4$ . Hasil yang didapat sejauh dengan hasil simulasi menggunakan scilab.

### 2. Tugas 2

Diberikan suatu fungsi alih dari suatu sistem orde dua  $G(s) = \frac{1}{s^2 + 4s + 25}$ .

Alhasil kita tinjau dengan bentuk  $G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$ , sehingga

$$\omega_n^2 = 25 \Leftrightarrow \omega_n = \pm 5 \quad \text{and} \quad 2\zeta\omega_n = 4 \Leftrightarrow \zeta = 0.4$$

Karena  $0 < \zeta = 0.4 < 1$  maka sistem tersebut adalah sistem underdamped.

a) Secara matematis overshoot, rise time, dan settling time ditentukan sebagai  $GO = 100 \cdot e^{-\frac{\pi}{\sqrt{1-\zeta^2}}}$ ,  $Tr = \frac{2.2}{\omega_n}$ , dan  $Ts = \frac{4}{\zeta\omega_n}$ . Maka didapat

$$GO = 100 \cdot e^{-\frac{0.4\pi}{\sqrt{1-0.16}}} \quad \left| \begin{array}{l} Tr = \frac{2.2}{5} \\ = 0.44 \text{ s} \end{array} \right. \quad \left| \begin{array}{l} Ts = \frac{4}{5 \cdot 0.4} \\ = 2 \text{ s} \end{array} \right.$$

Hasil tersebut tidak berbeda jauh dengan hasil simbolik yang terkompr.

$$\left. \begin{array}{l} s^2 + 4s + 25 = 0 \\ s^2 + 4s + 4 = 4 - 25 \\ (s+2)^2 = -21 \\ s = -2 \pm j\sqrt{21} \end{array} \right\}$$

Dinginkan untuk mengubah poles dari sistem G, sedemikian rupa hingga menjadi  $-p \pm j\sqrt{21}$ ,  $p \in \mathbb{R}$ .

Suatu sistem persamaan kuadrat harus memenuhi

$$s^2 + (s_1 + s_2)s + s_1s_2 = s^2 + as + b \dots (1)$$

Maka akan didapat  $-(s_1 + s_2) = -4p = -a$  dan  $s_1s_2 = (-2p + j\sqrt{21})(-2p - j\sqrt{21}) = b$ , sehingga didapat  $a = +4p$  dan  $b = 4p^2 + 21$ ,  $p \in \mathbb{R}$

b) Dinginkan nilai其实nya naik 2x lipat maka  $p = 2$ , sehingga

$$\begin{aligned} a &= +4 \cdot 2 & b &= 4(2)^2 + 21 \\ &= +8 & &= 37 \end{aligned}$$

~~Hasil akhir nilai a pada laporan semester lalu dihitung dengan +, sehingga hasilnya berbeda.~~

c) Dinginkan nilai imaginernya naik 0.5x lipat maka  $p = 0.5$  sehingga

$$\begin{aligned} a &= +4 \cdot 0.5 & b &= 4(0.5)^2 + 21 \\ &= +2 & &= 22 \end{aligned}$$

~~Bilangan a pada laporan semester lalu dihitung dengan +, sehingga hasilnya berbeda~~

Dinginkan untuk mengubah poles sistem G sedemikian rupa, sehingga nilainya a menjadi  $-2 \pm j\sqrt{21}$ . Suatu sistem persamaan kuadrat haruslah memenuhi (1), sehingga  $(s_1 + s_2) = +4 = a$  dan  $s_1s_2 = (-2 + j\sqrt{21})(-2 - j\sqrt{21}) = b$ . Maka didapat

$$a = 4 \text{ dan } b = 4 + p^2 \cdot 21, \quad p \in \mathbb{R}$$

d) Dinginkan agar nilai imaginernya naik 2x lipat, sehingga  $p = 2$ . Maka

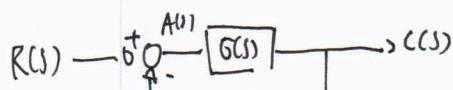
$$\begin{aligned} a &= 4 & b &= 4 + 4 \cdot 21 \\ & & &= 88 \end{aligned}$$

e) Dinginkan agar nilai imaginernya menjadi 0.5x lipat, sehingga  $p = 0.5$ . Maka

$$\begin{aligned} a &= 4 & b &= 4 + (0.5)^2 \cdot 21 \\ & & &= 9.25 \end{aligned}$$

### 3. Tugas 3

Tiberikan sistem berikut untuk  $G(s) = \frac{s+1}{s(s+4)}$  dan  $H(s) = \frac{s+3}{s+4}$

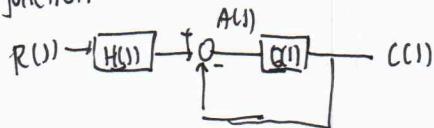


$$A(s) = R(s) - C(s)H(s) \quad \text{dgn} \quad C(s) = A(s)G(s)$$

$$a. C(s) = [R(s)H(s) - C(s)] F(s)$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G(s) H(s)}{1 + G(s) H(s)} \Rightarrow R(s) \rightarrow \boxed{\frac{s^2 + 5s + 4}{s^3 + 7s^2 + 13s + 4}} \rightarrow C(s)$$

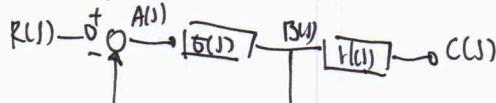
b.  $H(s)$  dipindahkan ke sebelah kiri summing junction



$$A(s) = R(s)H(s) - C(s) \quad C(s) = A(s)F(s) \\ C(s) = [R(s)H(s) - C(s)] F(s) \Rightarrow R(s) \rightarrow \boxed{\frac{s^2 + 4s + 3}{s^3 + 7s^2 + 13s + 4}} \rightarrow C(s)$$

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

c)  $H(s)$  dipindahkan ke sebelah kn point off point



$$A(s) = R(s) - B(s) \quad B(s) = A(s)F(s) \\ C(s) = H(s)B(s) \Rightarrow R(s) \rightarrow \boxed{\frac{s^2 + 4s + 3}{s^3 + 7s^2 + 13s + 4}} \rightarrow C(s)$$

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

Berdasarkan hasil simulasi dengan Xcos, sistem awal dan ekivalennya menghasilkan keluaran yang sama.

## B. Kejimpulan

1. Pada sistem orde satu, semakin besar nilai a maka sistem tersebut akan mencapai steady state dalam waktu yang lebih cepat.

2. Untuk suatu sistem orde 2  $G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$ , jika nilai  $\zeta > 1$

$\zeta$  berada dalam  $0 < \zeta < 1$  maka sistem tersebut akan melakukan overshoot dan berdamping atau underdamping.

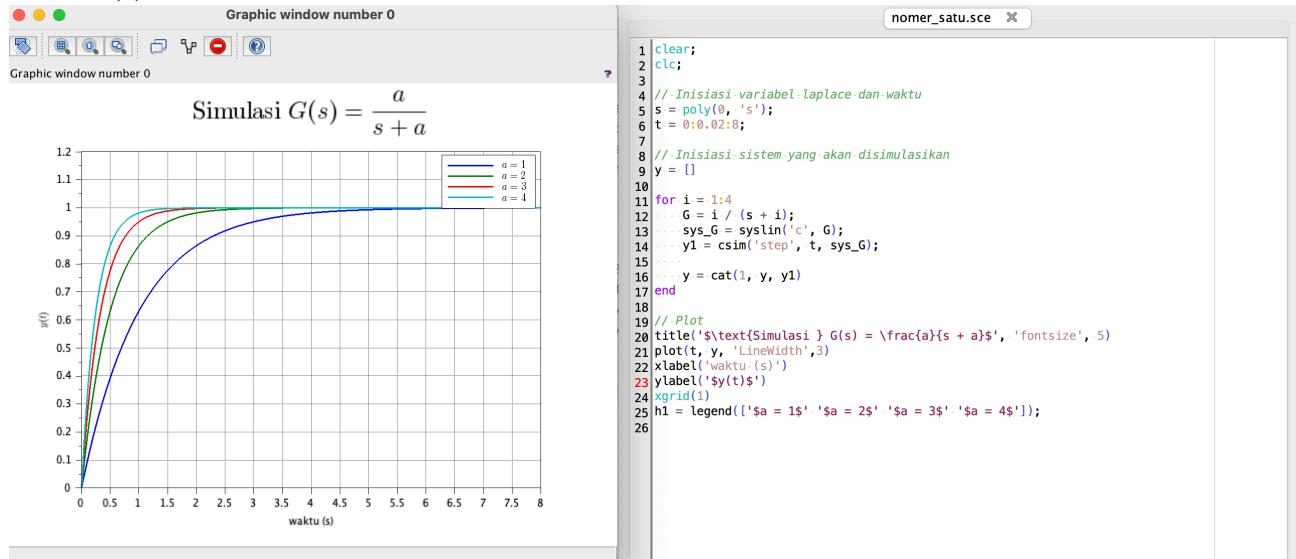
3. Untuk mencari penyelesaian  $G(s)$  dari nilai a saja yang sudah ada dapat dengan melakukan manipulasi aljabar atau menggunakan fungsi poly() pada Matlab.

4. Jika block feedforward dipindahkan maka hasil keluaran yang didapat akan tetap sama.

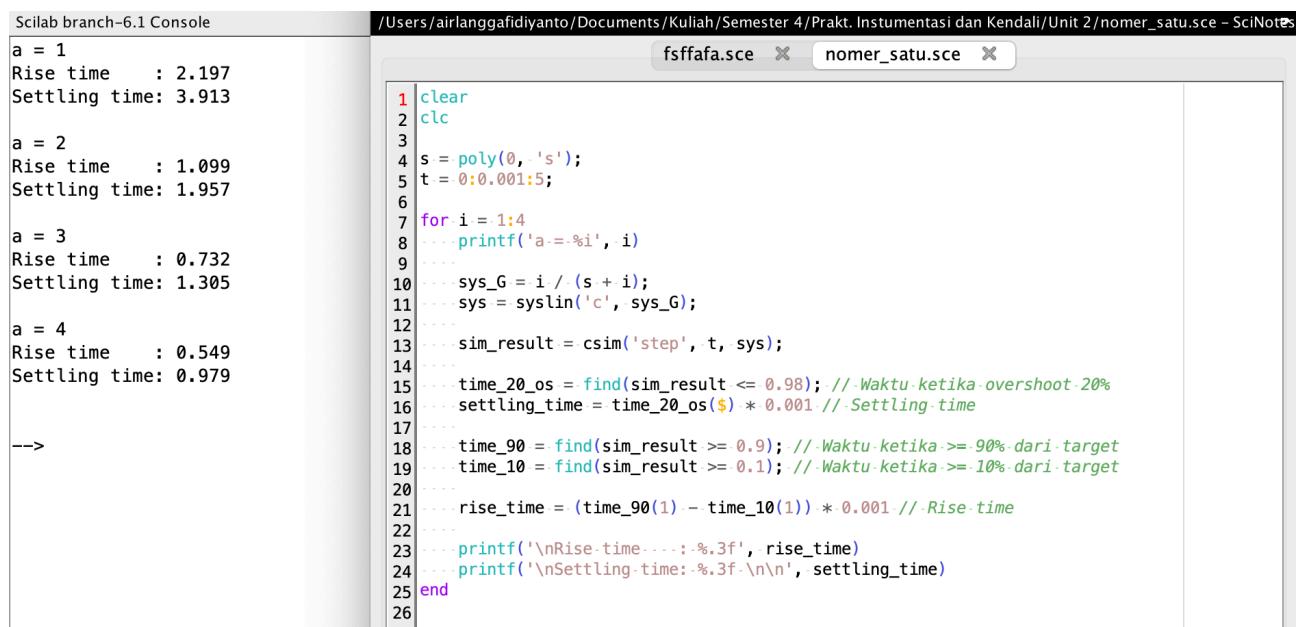
# Laporan Sementara

Airlangga Rasyad Fidiyanto  
19/443562/TK/48758

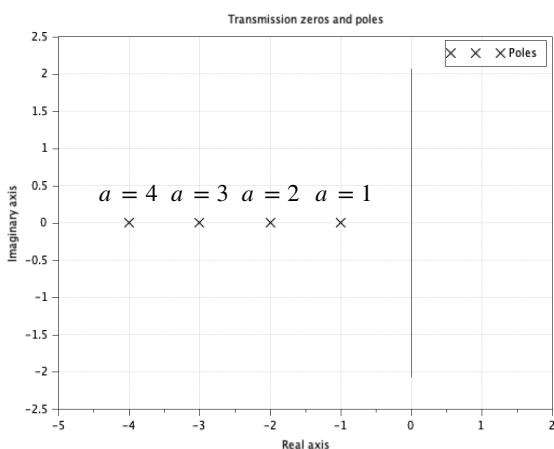
## 1. Plot $G(s)$



## Output



## Plot Pole(s)



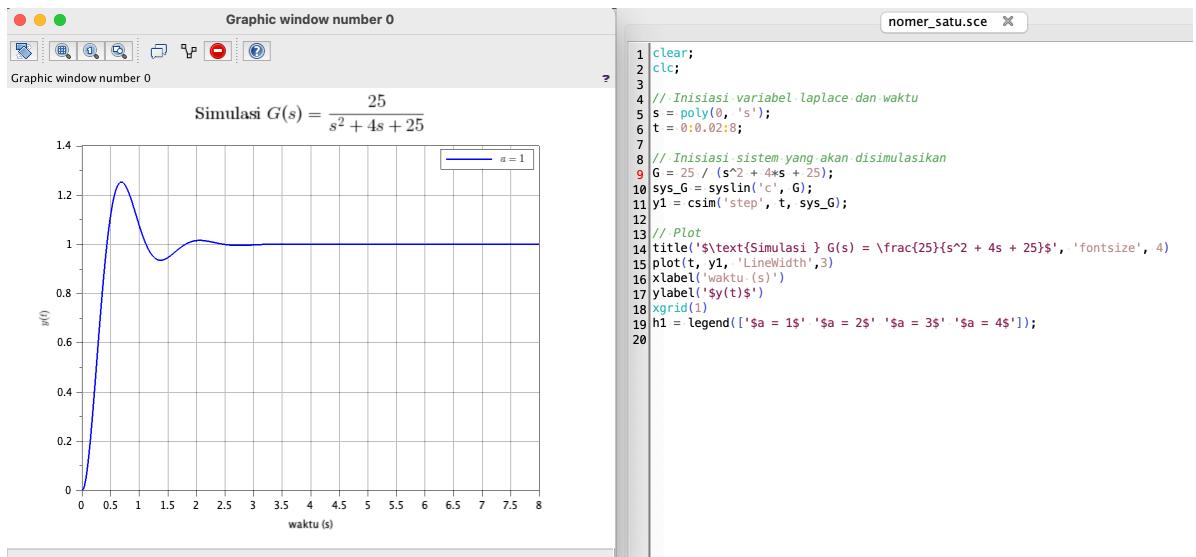
```

1 s = poly(0,'s');
2 n = [1 2 3 4];
3 d = [s+1 s+2 s+3 s+4];
4 h = syslin('c',n./d);
5 plzr(h);
6

```

2. Diberikan  $G(s) = \frac{25}{s^2 + 4s + 25}$

a. Simulasi



Overshoot percentage, settling time, and rise time

Overshoot : 25.383%  
Rise time : 0.292  
Settling time : 1.682

-->

```

1 clear
2 clc
3
4 s = poly(0, 's');
5 t = 0:0.001:5;
6
7 sys_G = 25 / (s^2 + 4*s + 25);
8 sys = syslin('c', sys_G);
9
10 sim_result = csim('step', t, sys);
11
12 time_20_os = find(sim_result <= 0.98); // Waktu ketika overshoot 20%
13 settling_time = time_20_os($) .* 0.001 // Settling time
14
15 time_90 = find(sim_result >= 0.9); // Waktu ketika >= 90% dari target
16 time_10 = find(sim_result >= 0.1); // Waktu ketika >= 10% dari target
17
18 rise_time = (time_90(1) - time_10(1)) .* 0.001 // Rise time
19
20 max_val = max(sim_result);
21 perct = abs(1 - max_val) .* 100;
22
23 printf('\nOvershoot-----: %.3f%', perct)
24 printf('\nRise time-----: %.3f', rise_time)
25 printf('\nSettling time: %.3f\n', settling_time)
26

```

Misalkan pole  $G(s)$  yang baru sebagai  $s_1 = -2p + j\sqrt{21}$  dan  $s_2 = -2p - j\sqrt{21}$  dengan  $p \in \mathbf{R}$ . Suatu sistem persamaan kuadrat haruslah memenuhi  $s^2 - (s_1 + s_2)s + s_1s_2 = 0$ , sehingga

$$s^2 - (s_1 + s_2)s + s_1s_2 = s^2 + as + b$$

Maka

$$a = -(s_1 + s_2) = 4p$$

$$b = s_1s_2 = 4p^2 + 21$$

- b. Agar bagian riil naik 2x lipat maka  $p = 2$ , sehingga  $a = 8$  dan  $b = 37$
- c. Agar bagian riil naik 0.5x lipat maka  $p = 2$ , sehingga  $a = 2$  dan  $b = 22$

Misalkan pole  $G(s)$  yang baru sebagai  $s_1 = -2 + jp\sqrt{21}$  dan  $s_2 = -2 - jp\sqrt{21}$  dengan  $p \in \mathbf{R}$ . Suatu sistem persamaan kuadrat haruslah memenuhi  $s^2 - (s_1 + s_2)s + s_1s_2 = 0$ , sehingga

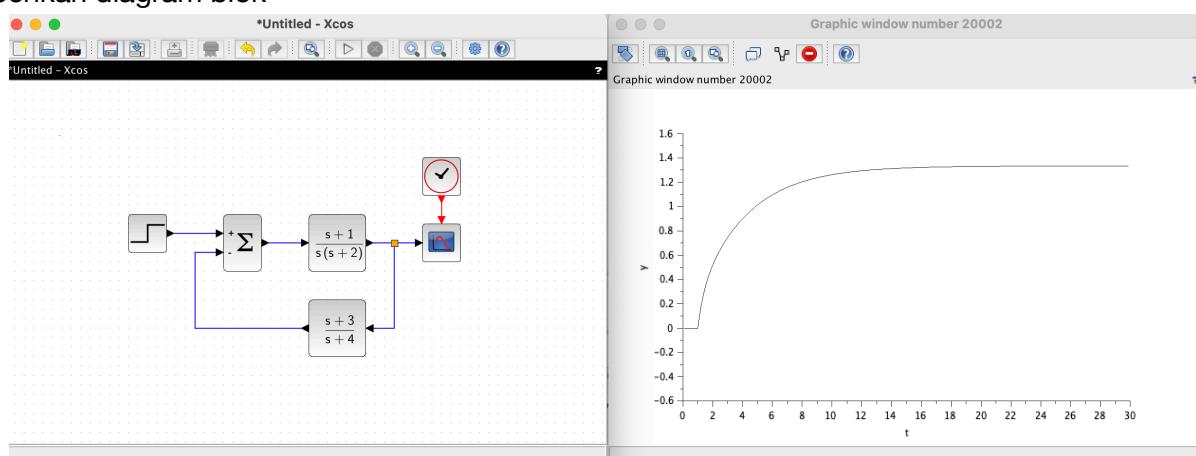
$$s^2 - (s_1 + s_2)s + s_1s_2 = s^2 + as + b$$

Maka

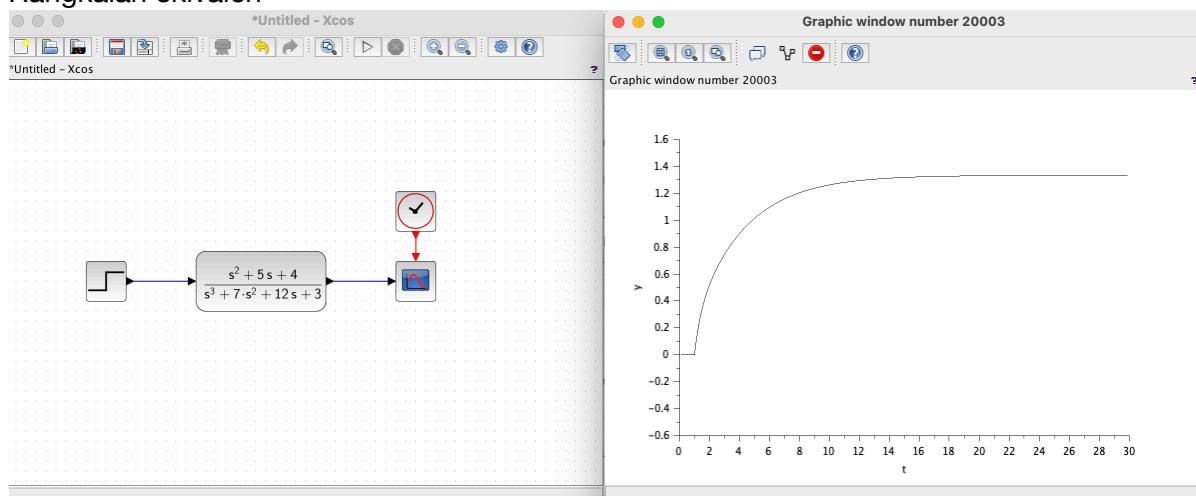
$$\begin{aligned} a &= -(s_1 + s_2) = 4 \\ b &= s_1s_2 = 4 + 21p^2 \end{aligned}$$

- d. Agar bagian imajiner naik 2x lipat maka  $p = 2$ , sehingga  $a = 4$  dan  $b = 88$
- e. Agar bagian imajiner naik 0.5x lipat maka  $p = 0.5$ , sehingga  $a = 4$  dan  $b = 9.25$

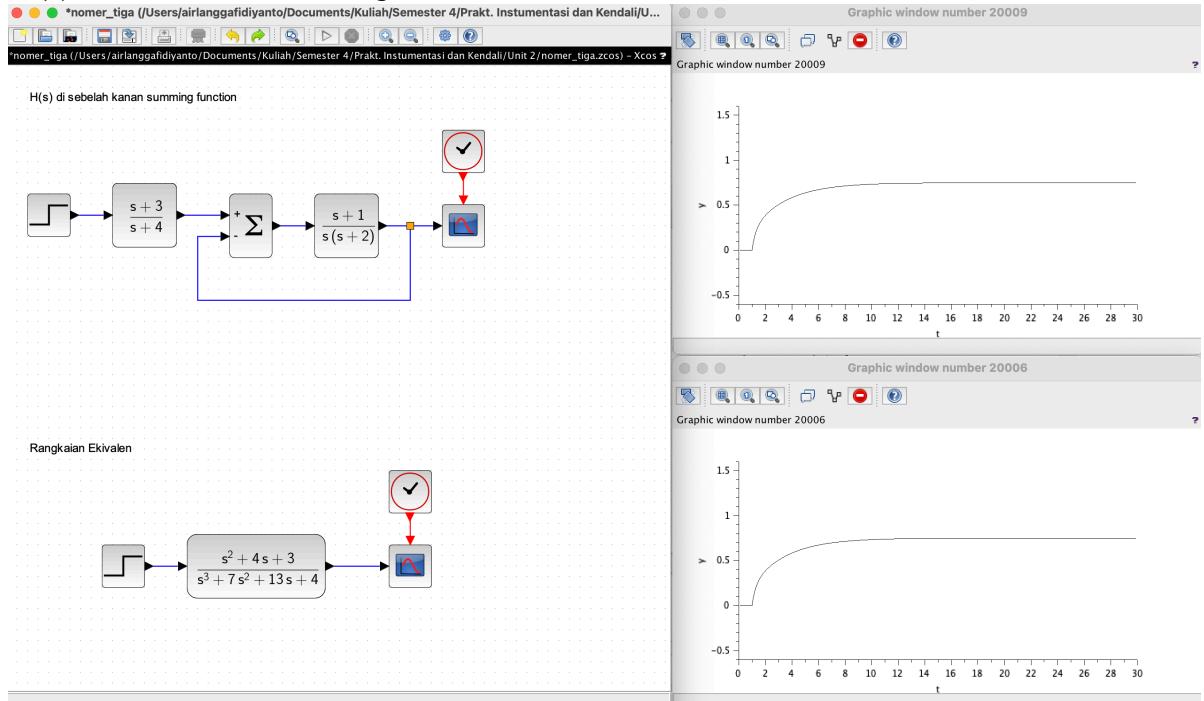
### 3. Diberikan diagram blok



#### a. Rangkaian ekivalen



b.  $H(s)$  di sebelah kiri summing function



c.  $H(s)$  di sebelah kanan summing function

