

LAPORAN PRAKTIKUM INSTRUMENTASI KENDALI

UNIT 3

ROOT LOCUS



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 mata kuliah teknik kendali kita sudah dikenalkan dengan dua macam sistem, yaitu sistem dengan loop terbuka dan loop tertutup. Sistem dengan loop terbuka cenderung tidak stabil, sehingga keluarannya tidak terlalu tinggi. Hal ini berlawanan dengan tujuan dibuatnya suatu sistem kontrol, yaitu untuk mengontrol suatu sistem berdasarkan dari analisis keluarannya. Dengan dipasangnya feedback loop maka diharapkan dapat menghilangkan error yang ada pada isyarat masukannya.

Pada praktikum ini digunakan plant (P) dan kompensator (C) dengan nilai berikut

$$P = \frac{20000(s+0.3)}{s+20} \quad C = \frac{1}{(68s^2+1.3s)(s+3)}$$

Dilakukan 4 kali percobaan dengan nilai gain yang berbeda, yaitu 1, 0.1, 0.01, dan 0.001. Digunakan pula blok to workspace untuk assign nilai K ketika gainnya 1, 0.1, 0.01, dan 0.001 ke variabel out, out_1, out_2, dan out_3.

Berdasarkan plot step response terlihat bahwa semakin kecil nilai gain yang diberikan maka sistem tersebut akan semakin cepat untuk mencapai nilai steady-statennya. ~~Terdapat~~ pengamatan untuk nilai gain 0.001 karena terlihat pada plot step response bahwa sistem dengan gain 0.001 membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencapai nilai steady-statennya. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai gain yang terlalu kecil juga belum baik.

➤ Salah satu aspek yang harus diperhatikan dari suatu sistem adalah stabilitasnya. Suatu sistem dikatakan stabil jika sistem tersebut dapat mengontrol keluarannya untuk ~~menjadi~~ agar tidak melebihi batas yang sudah ditentukan.

Kestabilan dari suatu sistem dapat ditentukan dari letak pole-nya. Suatu sistem dengan orde- n dikatakan stabil jika memenuhi

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n C_i e^{p_i t} = 0$$

Dari persamaan tersebut didapat bahwa nilai p_i yang memenuhi adalah p_i dengan komponen riil yang terletak di sebelah kiri sumbu

imaginer. ~~Setelah~~ Akibatnya maka suatu sistem dapat dikatakan stabil jika dan hanya jika pole pada sistem tersebut berada disebelah kiri sumbu imajiner. Fungsi alih di percobaan ini adalah

$$H(s) = \frac{P(s)C(s)}{1+P(s)C(s)} = \frac{3.0234319 + 294.1176s}{3.823417 + 295.7645s + 60.4396s^2 + 23.0411s^3 + s^4}$$

Dengan mengambil pembuat nol dari penyebutnya maka didapat empat buah poles, yaitu

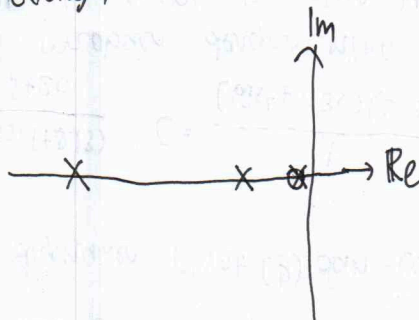
$$\begin{aligned} s_1 &= -20.79502 + ki \\ s_2 &= -1.105419 + 3.597051i \\ s_3 &= -1.105419 - 3.597051i \\ s_4 &= -0.029835 + ki \end{aligned}$$

Terlihat bahwa ~~bagi~~ seluruh poles tersebut bagian riilnya berada di sebelah kiri sumbu imajiner. Jika kita plot dengan fungsi pzr() maka didapat hal yang sama. Akibatnya sistem tersebut merupakan sistem yang stabil.

- o) Root locus adalah salah satu metode analisis untuk menggambarkan letak pole. Metode ini digunakan untuk menentukan nilai gain maksimum sebelum sistem menjadi tidak stabil.

$$L = P * C = \frac{k \cdot (2000s + 2600)}{655s^4 + 118s^3 + 4110s^2 + 780s}, k \in \mathbb{R}^+$$

Dengan pole dan zero



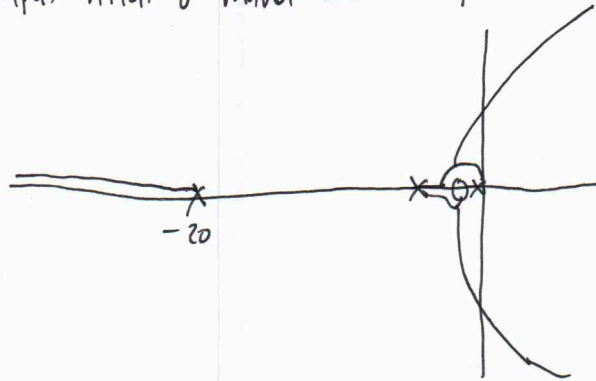
Dalam kasus ini root loci $-0.13 \leq s \leq -0.191$ (zero to pole). Dari plot tersebut didapat 4 buah poles dan 1 zero, sehingga

$$\sigma_a = \frac{\sum \text{pole} - \sum \text{zero}}{4 - 1} = -7.6297 \quad \left| \quad \theta_a = \frac{(2k+1)180}{4-1} \rightarrow \begin{aligned} k=0 & \theta_a = 60^\circ \\ k=1 & \theta_a = 180^\circ \end{aligned} \right.$$

Menentukan breakaway point sehingga didapat

$$\sum \frac{1}{s-z_i} = \sum \frac{1}{s-z_p}$$

Setelah didapat nilai σ maka akan didapat



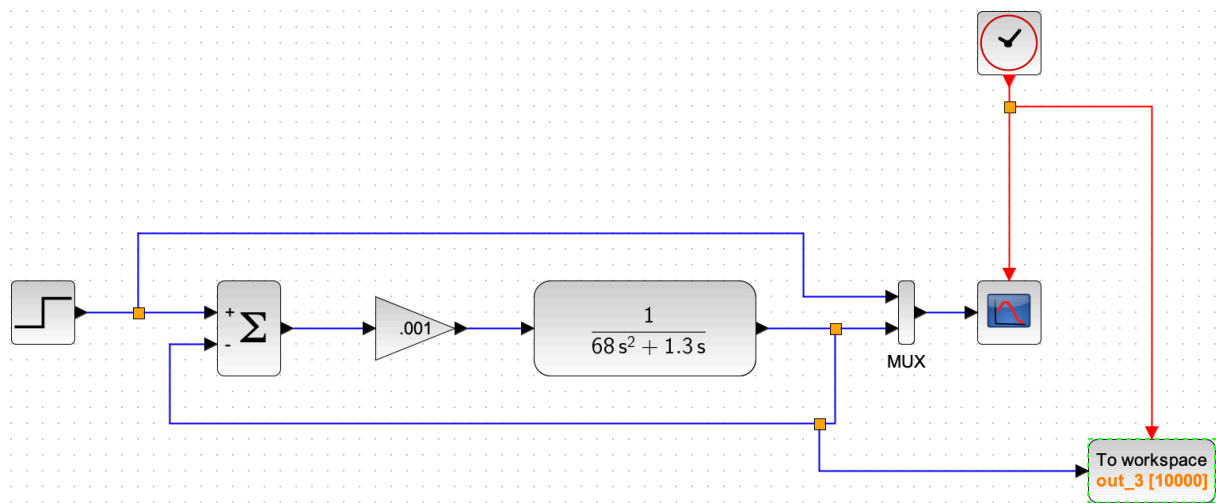
Mengamati fungsi $k_{pure}(s)$ maka akan didapat nilai gain maksimum sebelum sistem menjadi tidak stabil. Berdasarkan console log didapat bahwa ketika $k_{max} = 4.7030123$ dengan $s = i 7.7550439$

B. Kesimpulan

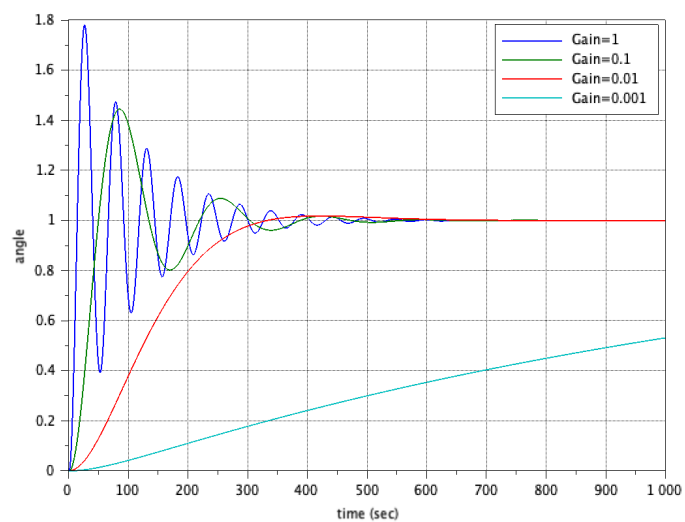
1. Sistem open loop cenderung tidak stabil, sedangkan sistem dengan konfigurasi closed-loop jauh lebih stabil.
2. Stabilitas sistem adalah hal yang harus diperhatikan agar keluaran dari sistem tersebut tidak melebihi batas yang diinginkan.
3. Metode root-locus dapat digunakan untuk analisis gain maksimum yang bisa diberikan ke sistem sebelum sistem tersebut menjadi tidak stabil.

Laporan Sementara

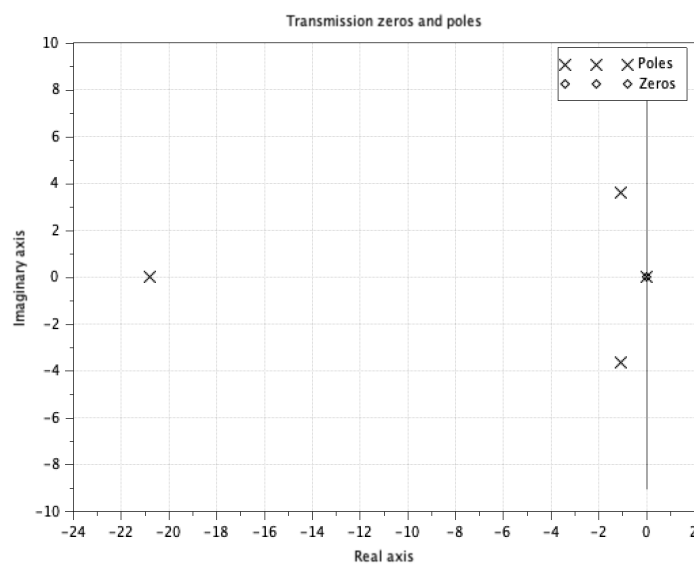
1. Block Diagram



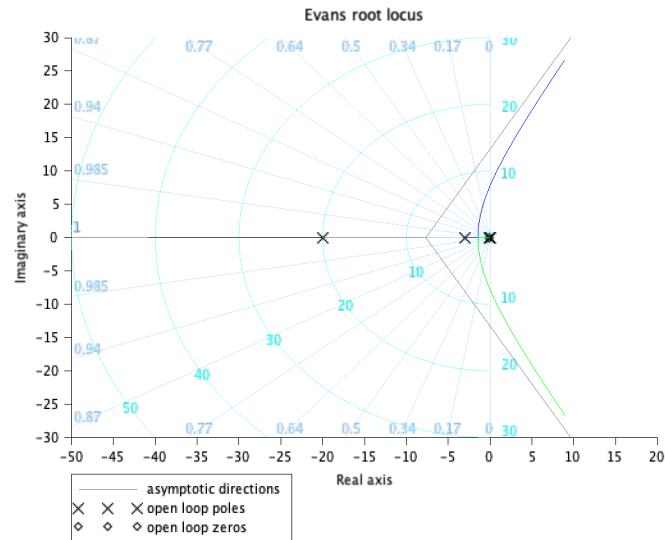
2. Step Response



3. Pole-zero Plot



4. Root Locus



5. Source Code

```
clc

scf(0) // figure(n)
plot(out.time, out.values, out_1.time, out_1.values, out_2.time,
out_2.values, out_3.time, out_3.values, 'LineWidth', 2);
xgrid()
xlabel('time (sec)');
ylabel('angle');
legend('Gain=1', 'Gain=0.1', 'Gain=0.01', 'Gain=0.001');

xs2png(0, 'step_response.png');

s = poly(0, 's');
C = syslin('c', 1/((68*s^2+1.3*s)*(s+3))); // Compensator
P = syslin('c', 20000 * (s+0.013)/(s+20)); // Plant

Tyr = P * C / (1 + P*C)
Tyr

scf(1)
plzr(Tyr)

xs2png(1, 'pole_zero+_plot.png');

scf(2)
L = C * P;
evans(L);
sgrid();

xs2png(2, 'rootlocus.png');

// Poles
pole = roots(Tyr.den)

// Zeros
zero = roots(Tyr.num)

[kmax, s] = kpure(L)
```

6. Console Log

```
--> Tyr
Tyr =

          3.8234318 +294.11765s
-----
3.8234317 +295.26469s +60.439698s2 +23.019117s3 +s4

--> pole
pole =

-20.795042 + 0.i
-1.1055459 + 3.5970851i
-1.1055459 - 3.5970851i
-0.0129835 + 0.i

--> zero
zero =

-0.0129997

--> L
L =

          260 +20000s
-----
78s +4109.9s2 +1565.3s3 +68s4

--> kmax
kmax =

4.7030123

--> s
s =

0. + 7.7550439i
```

7. Penjelasan

Berdasarkan plot *step response* terlihat bahwa semakin kecil *gain* yang diberikan maka akan semakin cepat juga sistem tersebut mencapai nilai *steady state*-nya.

Jika kita meninjau plot *pole-zero* dan nilai yang tercetak pada *console* maka akan terlihat bahwa seluruh *pole*-nya berada di sebelah kiri sumbu imajiner, sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem tersebut merupakan sistem yang stabil.

Berdasarkan nilai yang tercetak pada *console* nilai maksimum sebelum sistem menjadi tidak stabil adalah $k_{max} = 4.7030123$ dan $s = 0 + 7.7550439i$.