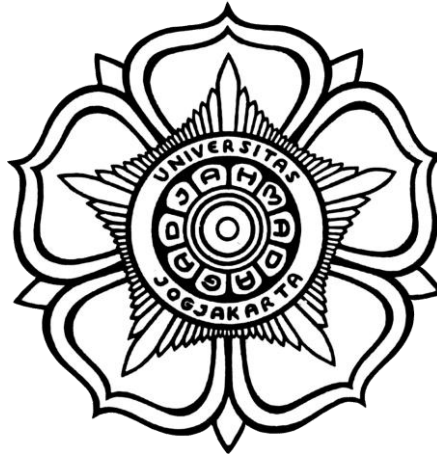


LOGBOOK
“Plot Nyquist”



MII2316 – Praktikum Sistem Kendali
Pengampu : Dr. Dyah Aruming Tyas, S.Si.

Tanggal : 27 April 2022
Nomor Eksperimen : 7
Grup : -
Anggota : Kristian Bima Aryayudha
(20/455385/PA/19600)
Asisten : Nias Ananto

PROGRAM STUDI S1 ELEKTRONIKA DAN INSTRUMENTASI
DEPARTEMEN ILMU KOMPUTER DAN ELEKTRONIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS GADJAH MADA

2021

1. Tujuan Praktikum

- Memahami peran diagram bode dalam analisis sistem dengan masukan sinusoidal.
- Memahami diagram Nyquist sebagai representasi lain dari tanggap frekuensi.
- Mampu membaca diagram Nyquist dan menerapkan kriteria kestabilan Nyquist melalui diagram tersebut.
- Mampu melakukan modifikasi pengaturan K pada sistem umpan balik tunggal berdasarkan analisis Nyquist.

2. Prosedur yang direncanakan

Praktikum 1 :

- Diketahui fungsi alih sistem kalang terbuka

$$G(s) = \frac{20}{s(s+3)(s+2)}$$

Sistem tersebut memiliki umpan balik tunggal $H(s) = 1$.

- Menampilkan diagram bode dari tanggap frekuensi sistem.
- Menampilkan diagram Nyquist dari fungsi alih.
- Menentukan kestabilan dari sistem kalang tertutup.
- Menentukan batas penguatan dari sistem agar sistem stabil.
- Mencoba penguatan baru agar sistem berada pada kondisi batas penguatan, di atas batas penguatan, dan di bawah batas penguatan.
- Mengamati tanggap fungsi langkah dari fungsi alih kalang tertutup sistem.

Praktikum 2 :

- Diketahui suatu sistem untuk menangani kemiringan pada penyimpanan data untuk praktikum holografik memiliki fungsi alih $F(s)$. Agar sistem penarikan informasi dari media penyimpanan tersebut lancar, ditambahkan sistem kendali $G_c(s)$. Luaran dari sistem kendali tersebut akan menjadi masukan bagi sistem $F(s)$ yang bersama-sama memiliki umpan balik tunggal.

$$\diamond(s) = \frac{1,163 \times 10^8}{s^3 + 962,5s^2 + 5,958 \times 10^5s + 1,16 \times 10^8}$$
$$G_c(s) = \frac{78,575(s+436)^2}{(s+132)(s+8030)}$$

- Menampilkan diagram bode dari tanggap frekuensi sistem.
- Menampilkan diagram Nyquist dari fungsi alih.
- Menentukan kestabilan dari sistem kalang tertutup.
- Menentukan batas penguatan dari sistem agar sistem stabil.
- Mencoba penguatan baru agar sistem berada pada kondisi batas penguatan, di atas batas penguatan, dan di bawah batas penguatan.
- Mengamati tanggap fungsi langkah dari fungsi alih kalang tertutup sistem.

3. Daftar Peralatan

Nama	Model	S/N
MATLAB	R2021b	-
Laptop	Dell 3585	

4. Prosedur dan Temuan Aktual

Praktikum 1

- a. Fungsi alih sistem kalang terbuka dengan umpan balik tunggal $H(s) = 1$

```
sys = tf([20],[1 5 6 0])  
sys_fb = feedback(sys,1)
```

- b. Diagram bode dari tanggap frekuensi sistem

```
figure(1)  
bode(sys_fb)
```

- c. Diagram Nyquist dari fungsi alih

```
figure(2)  
nyquist(sys_fb)
```

- d. Kestabilan dari sistem kalang tertutup

Kestabilan ditentukan oleh diagram Nyquist

- e. Batas penguatan dari sistem agar sistem stabil

Batas penguatan ditentukan oleh diagram Nyquist

- f. Penguatan baru agar sistem berada pada kondisi batas penguatan, di atas batas penguatan, dan di bawah batas penguatan

```
K_margin = db2mag(-6.01)  
sys1_margin = sys_fb*0.3  
sys2_margin = sys_fb*K_margin  
sys3_margin = sys_fb*0.7  
figure(3)  
nyquist(sys1_margin)  
title('Nyquist di bawah batas penguatan')  
figure(4)  
nyquist(sys2_margin)  
title('Nyquist di batas penguatan')  
figure(5)  
nyquist(sys3_margin)  
title('Nyquist di atas batas penguatan')  
sys1_fb = feedback(sys_fb,0.3)  
sys2_fb = feedback(sys_fb,K_margin)  
sys3_fb = feedback(sys_fb,0.7)
```

- g. Tanggap fungsi langkah dari fungsi alih kalang tertutup sistem

```
figure(6)  
step(sys1_fb)
```

```

title('Sistem di bawah batas penguatan')
figure(7)
step(sys2_fb)
title('Sistem di batas penguatan')
figure(8)
step(sys3_fb)
title('Sistem di atas batas penguatan')

```

Praktikum 2

- a. Suatu sistem untuk menangani kemiringan pada penyimpanan data untuk praktikum holografik memiliki fungsi alih $F(s)$

```

G = tf([1.163*10^8],[1 962.5 5.958*10^5 1.16*10^8])
Gc = zpk([-436 -436],[-132 -8030],78.575)
sys = series(G,Gc)
sys_fb = feedback(sys,1)

```

- b. Diagram bode dari tanggap frekuensi sistem

```

figure(1)
bode(sys_fb)

```

- c. Diagram Nyquist dari fungsi alih

```

figure(2)
nyquist(sys_fb)

```

- d. Kestabilan dari sistem kalang tertutup

Kestabilan ditentukan oleh diagram Nyquist

- e. Batas penguatan dari sistem agar sistem stabil

Batas penguatan ditentukan oleh diagram Nyquist

- f. Penguatan baru agar sistem berada pada kondisi batas penguatan, di atas batas penguatan, dan di bawah batas penguatan

```

K_margin = db2mag(0.0698)
sys1_margin = sys_fb*0.5
sys2_margin = sys_fb*K_margin
sys3_margin = sys_fb*1.5
figure(3)
nyquist(sys1_margin)
title('Nyquist di bawah batas penguatan')
figure(4)
nyquist(sys2_margin)
title('Nyquist di batas penguatan')
figure(5)
nyquist(sys3_margin)
title('Nyquist di atas batas penguatan')
sys1_fb = feedback(sys_fb,0.5)
sys2_fb = feedback(sys_fb,K_margin)
sys3_fb = feedback(sys_fb,1.5)

```

- g. Tanggap fungsi langkah dari fungsi alih kalang tertutup sistem

```
figure(6)
step(sys1_fb)
title('Sistem di bawah batas penguatan')
figure(7)
step(sys2_fb)
title('Sistem di batas penguatan')
figure(8)
step(sys3_fb)
title('Sistem di atas batas penguatan')
```

5. Hasil

Praktikum 1

- a. Fungsi alih sistem kalang terbuka dengan umpan balik tunggal $H(s) = 1$

```
sys =

      20
-----
s^3 + 5 s^2 + 6 s

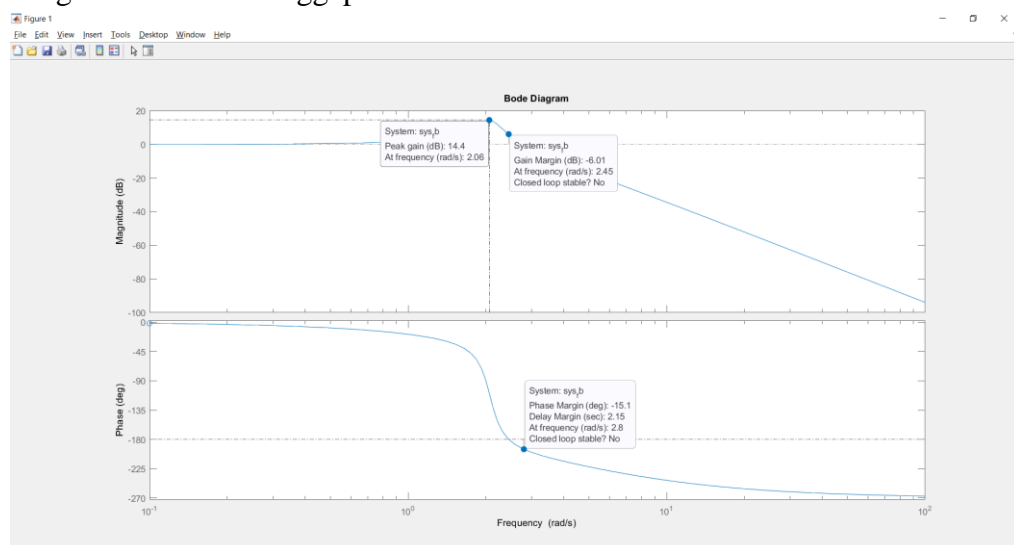
Continuous-time transfer function.

sys_fb =

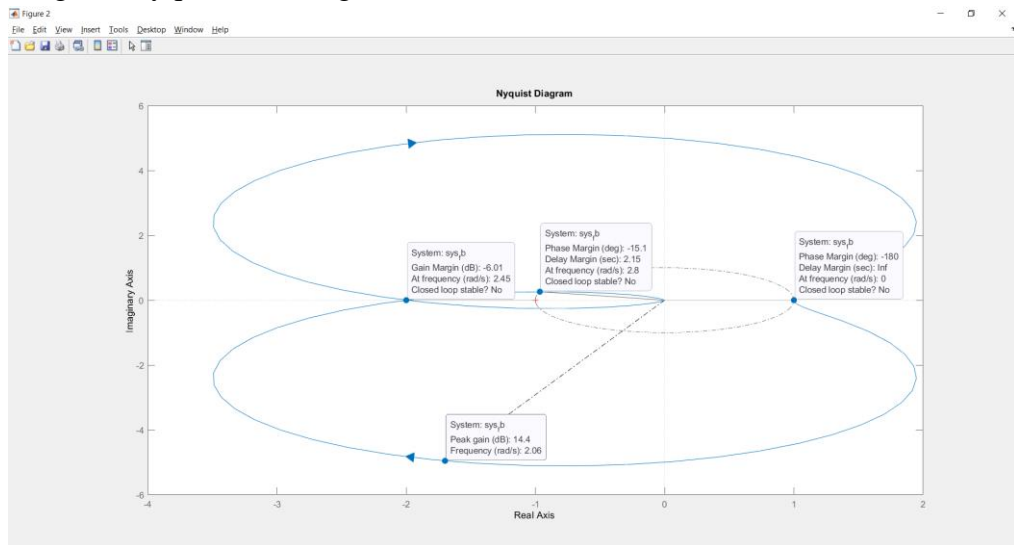
      20
-----
s^3 + 5 s^2 + 6 s + 20

Continuous-time transfer function.
```

- b. Diagram bode dari tanggap frekuensi sistem



c. Diagram Nyquist dari fungsi alih



d. Kestabilan dari sistem kalang tertutup

Sistem tidak stabil.

e. Batas penguatan dari sistem agar sistem stabil

Gain margin = -6.01dB dengan skala linear 0.5006

f. Penguatan baru agar sistem berada pada kondisi batas penguatan, di atas batas penguatan, dan di bawah batas penguatan

K_margin =

0.5006

sys1_margin =

6

s^3 + 5 s^2 + 6 s + 20

Continuous-time transfer function.

sys2_margin =

10.01

s^3 + 5 s^2 + 6 s + 20

Continuous-time transfer function.

sys3_margin =

14

$$\frac{14}{s^3 + 5s^2 + 6s + 20}$$

Continuous-time transfer function.

sys1_fb =

$$\frac{20}{s^3 + 5s^2 + 6s + 26}$$

Continuous-time transfer function.

sys2_fb =

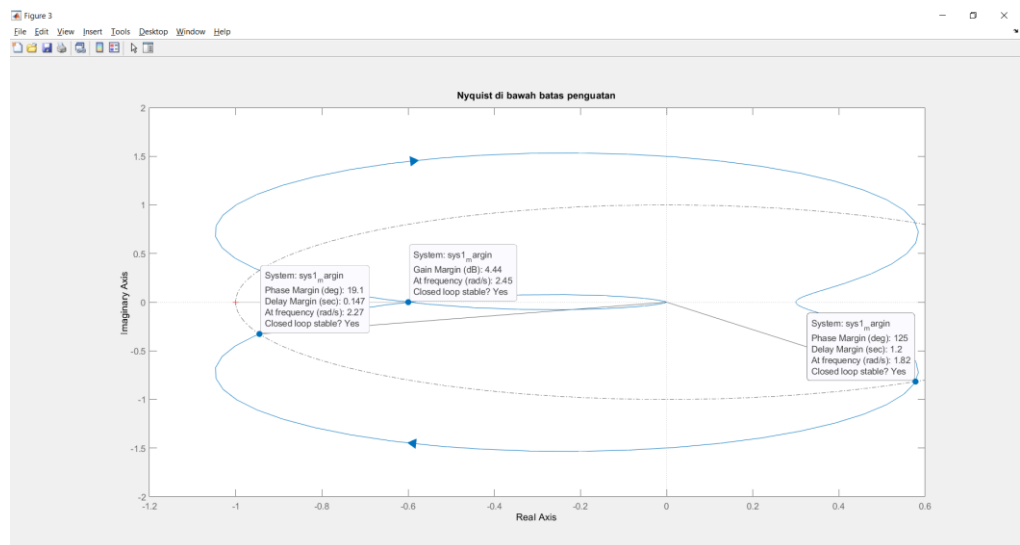
$$\frac{20}{s^3 + 5s^2 + 6s + 30.01}$$

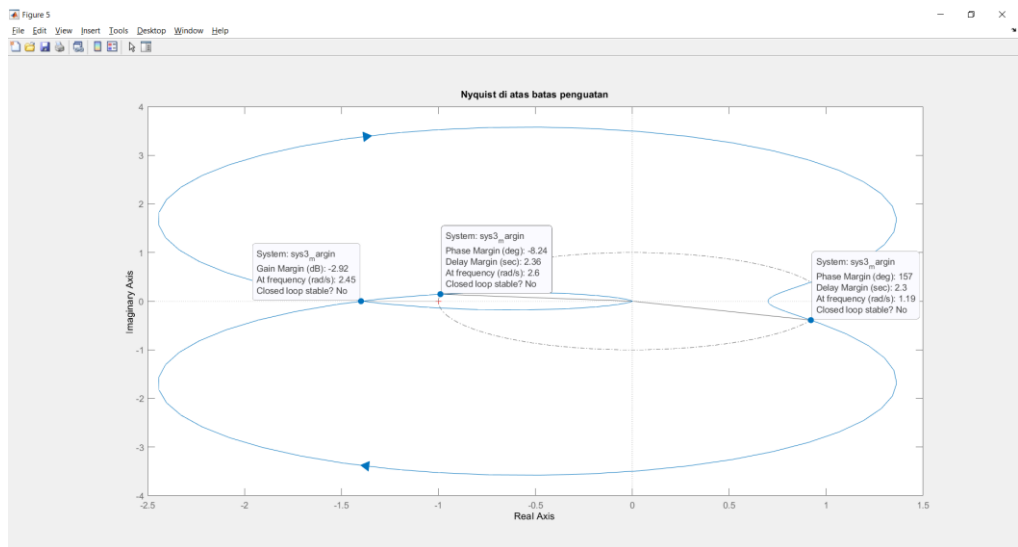
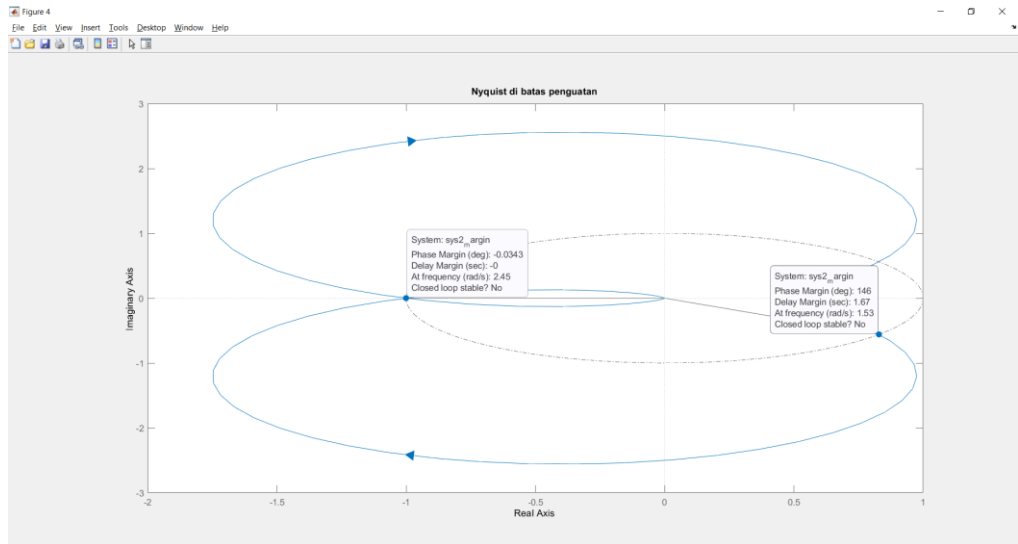
Continuous-time transfer function.

sys3_fb =

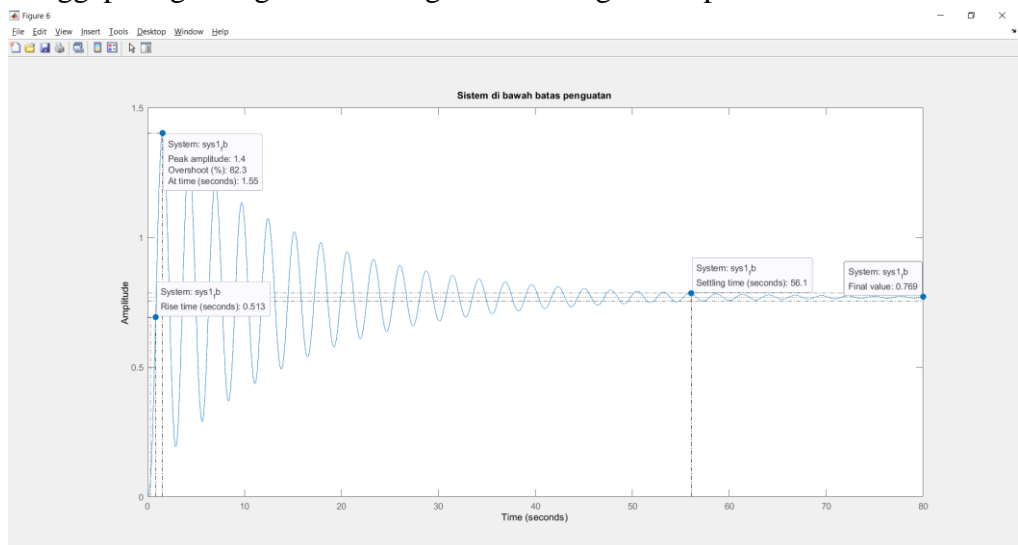
$$\frac{20}{s^3 + 5s^2 + 6s + 34}$$

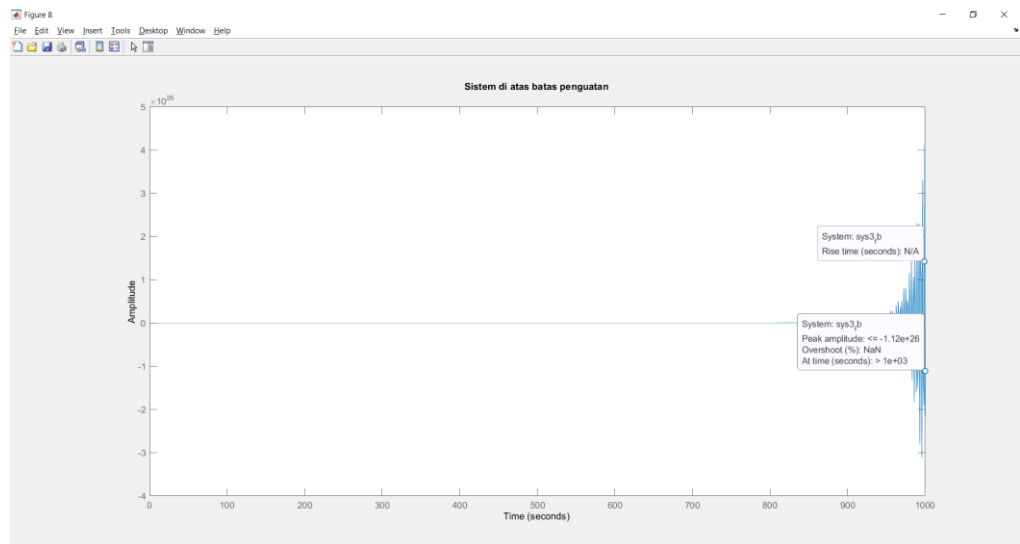
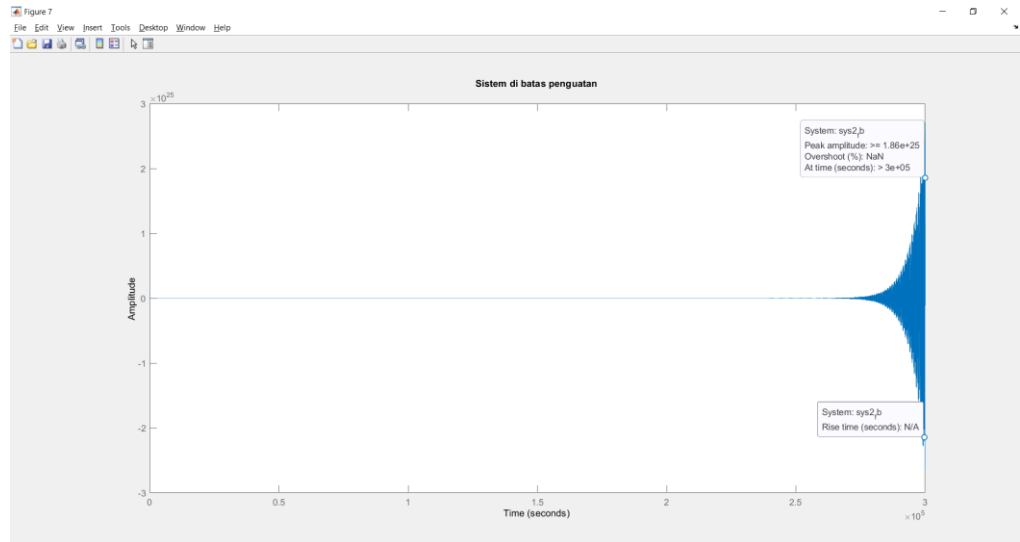
Continuous-time transfer function.





g. Tanggap fungsi langkah dari fungsi alih kalang tertutup sistem





Praktikum 2

- Suatu sistem untuk menangani kemiringan pada penyimpanan data untuk praktikum holografik memiliki fungsi alih $F(s)$

$G =$

$$1.163e08$$

$$s^3 + 962.5 s^2 + 595800 s + 1.16e08$$

Continuous-time transfer function.

$G_c =$

$$78.575 (s+436)^2$$

$$(s+132) (s+8030)$$

Continuous-time zero/pole/gain model.

sys =

$$\frac{9.1383e09 (s+436)^2}{(s+132) (s+289.2) (s+8030) (s^2 + 673.3s + 4.011e05)}$$

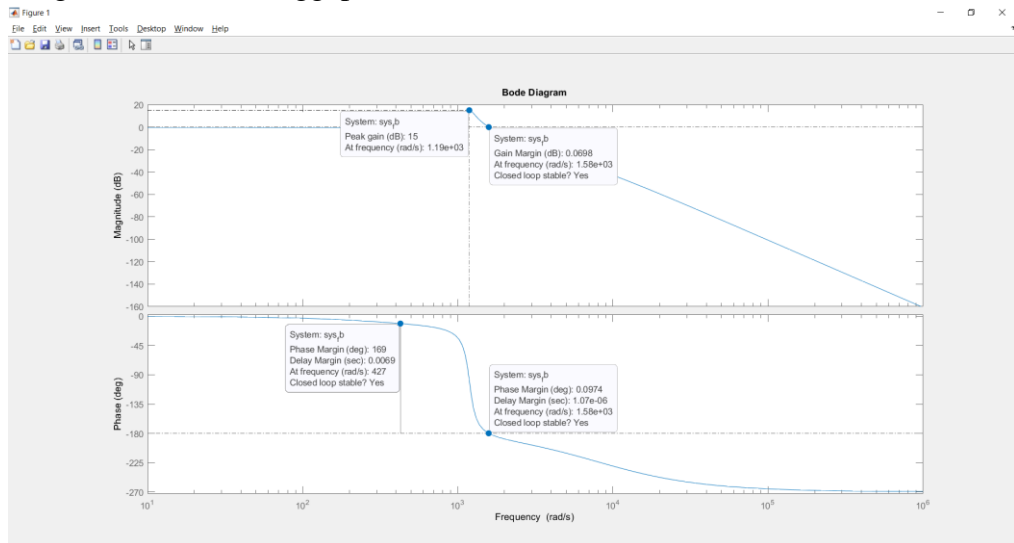
Continuous-time zero/pole/gain model.

sys_fb =

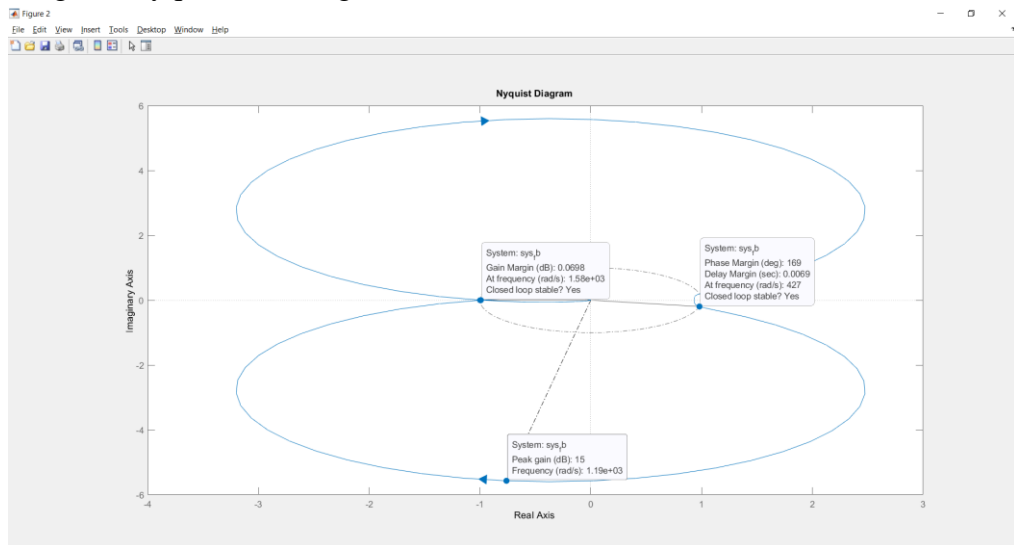
$$\frac{9.1383e09 (s+436)^2}{(s+8170) (s^2 + 784.4s + 1.604e05) (s^2 + 170.1s + 1.419e06)}$$

Continuous-time zero/pole/gain model.

b. Diagram bode dari tanggap frekuensi sistem



c. Diagram Nyquist dari fungsi alih



d. Kestabilan dari sistem kalang tertutup

Sistem stabil

e. Batas penguatan dari sistem agar sistem stabil

Gain margin = 0.0698dB dengan skala linear 1.0081

f. Penguatan baru agar sistem berada pada kondisi batas penguatan, di atas batas penguatan, dan di bawah batas penguatan

K_margin =

1.0081

sys1_margin =

4.5691e09 (s+436)^2

(s+8170) (s^2 + 784.4s + 1.604e05) (s^2 + 170.1s + 1.419e06)

Continuous-time zero/pole/gain model.

sys2_margin =

9.212e09 (s+436)^2

(s+8170) (s^2 + 784.4s + 1.604e05) (s^2 + 170.1s + 1.419e06)

Continuous-time zero/pole/gain model.

sys3_margin =

$$\frac{1.3707e10 (s+436)^2}{(s+8170) (s^2 + 784.4s + 1.604e05) (s^2 + 170.1s + 1.419e06)}$$

Continuous-time zero/pole/gain model.

sys1_fb =

$$\frac{9.1383e09 (s+436)^2}{(s+8237) (s^2 + 808.6s + 1.686e05) (s^2 + 79.31s + 1.965e06)}$$

Continuous-time zero/pole/gain model.

sys2_fb =

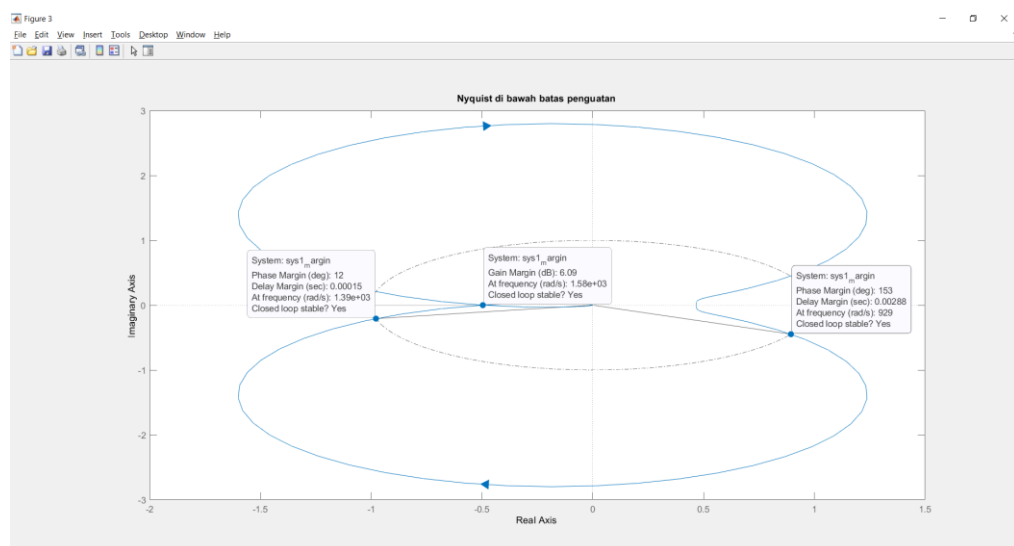
$$\frac{9.1383e09 (s+436)^2}{(s+8302) (s^2 + 822.4s + 1.732e05) (s^2 - 0.05215s + 2.511e06)}$$

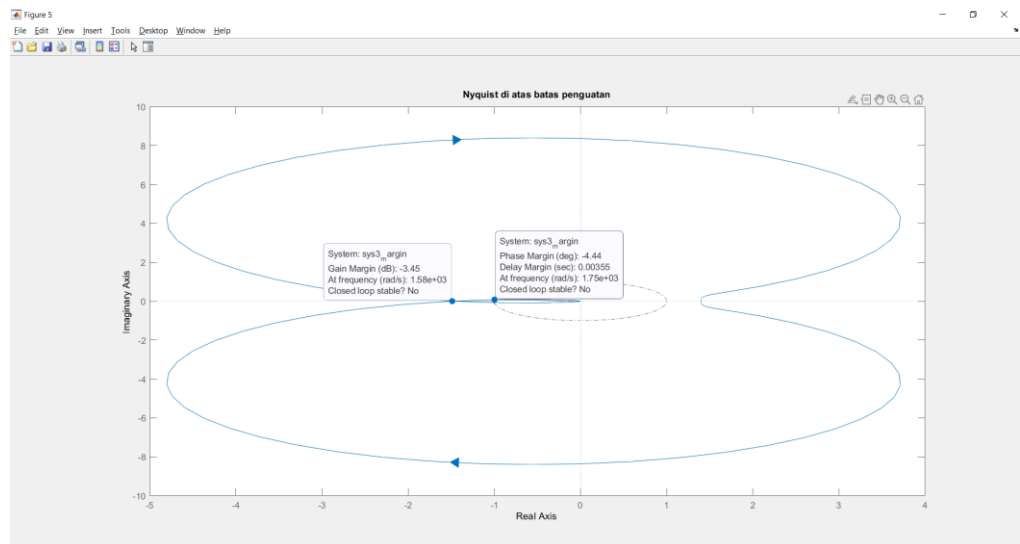
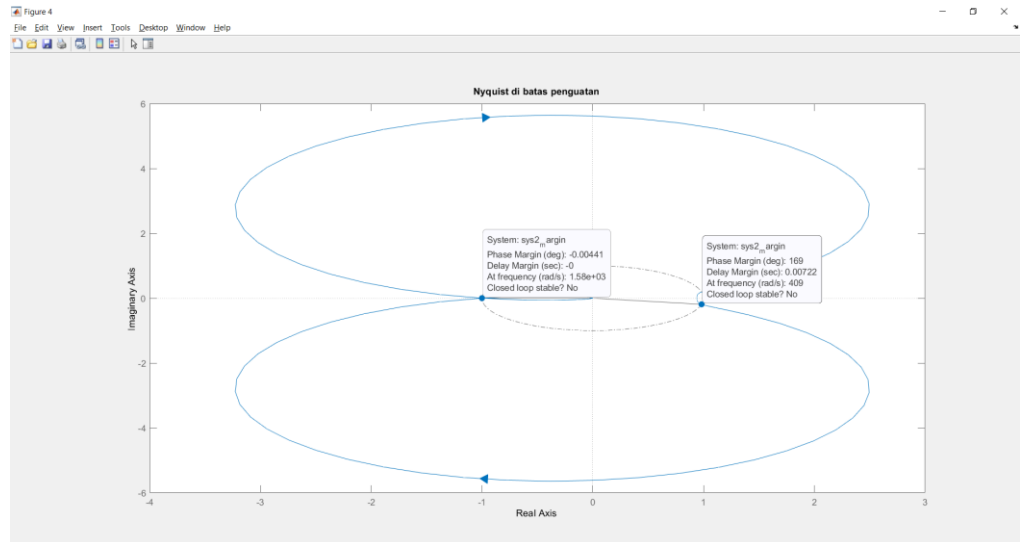
Continuous-time zero/pole/gain model.

sys3_fb =

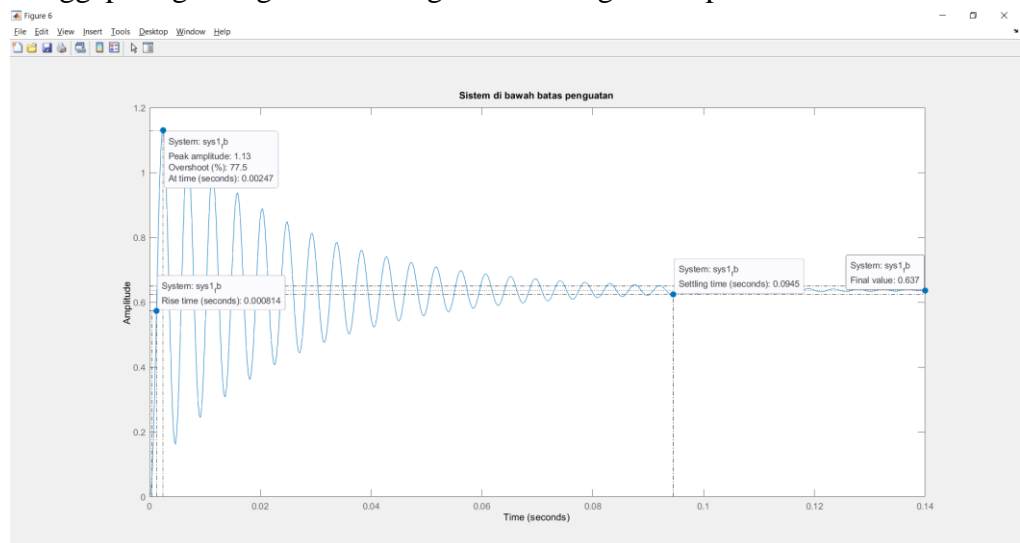
$$\frac{9.1383e09 (s+436)^2}{(s+8364) (s^2 + 831s + 1.761e05) (s^2 - 70.29s + 3.031e06)}$$

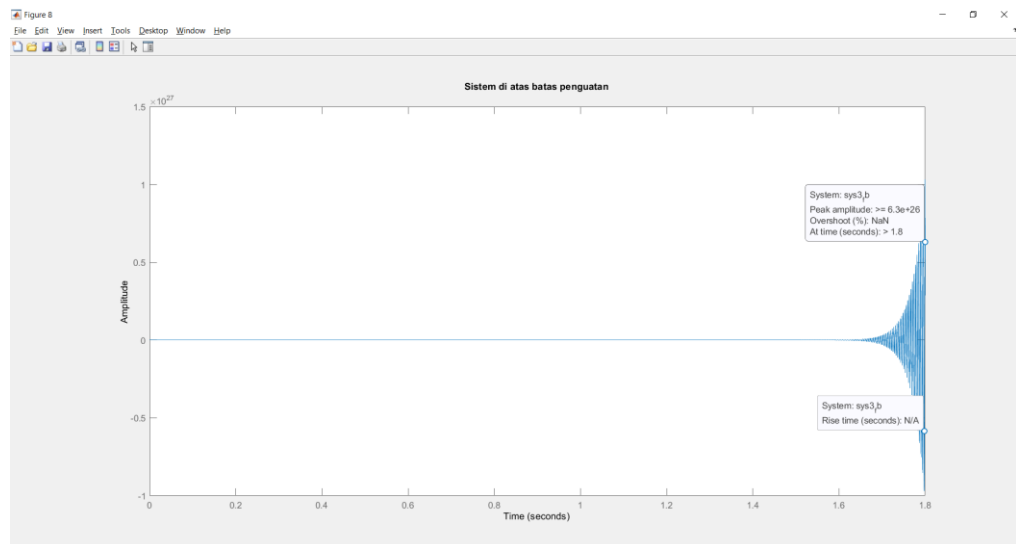
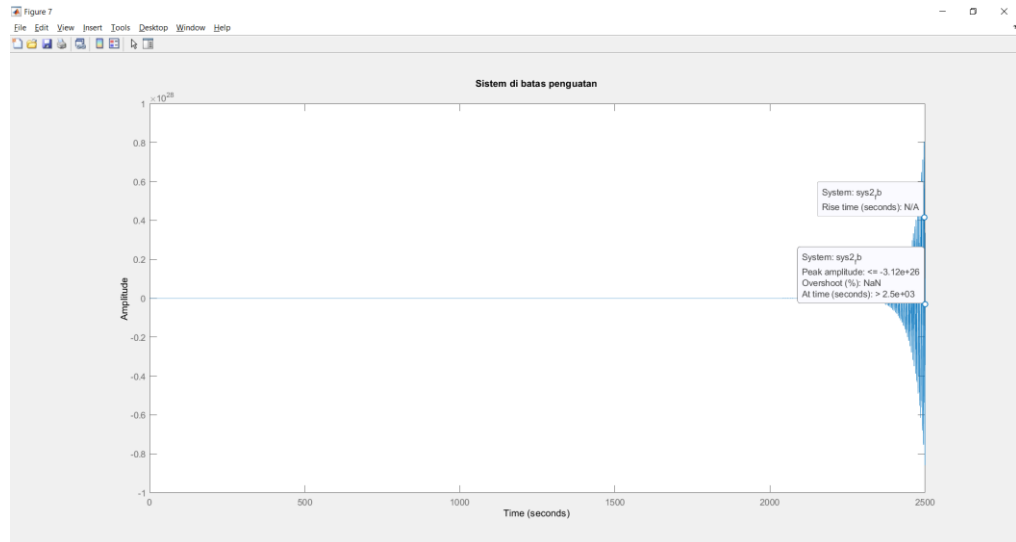
Continuous-time zero/pole/gain model.





g. Tanggap fungsi langkah dari fungsi alih kalang tertutup sistem





6. Analisis dan Diskusi

Praktikum 1

- Berdasarkan diagram bode dari tanggap frekuensi sistem diperoleh karakteristik peak gain 14.4 dB pada frekuensi 2.06 rad/s, gain margin -6.01 dB pada frekuensi 2.45 rad/s, dan closed loop stable no.
- Berdasarkan diagram Nyquist dari fungsi alih diperoleh karakteristik peak gain 14.4 dB pada frekuensi 2.06 rad/s, gain margin -6.01 dB pada frekuensi 2.45 rad/s, dan closed loop stable no.
- Kestabilan dari sistem kalang tertutup adalah tidak stabil.
- Batas penguatan dari sistem agar sistem stabil adalah gain margin -6.01 dB dengan skala liner 0.5006.
- Berdasarkan diagram Nyquist di bawah batas penguatan dengan gain 0.3 diperoleh karakteristik gain margin 4.44 dB pada frekuensi 2.45 rad/s.
- Berdasarkan diagram Nyquist di batas penguatan dengan gain 0.5006 diperoleh karakteristik gain margin -0.0343 dB pada frekuensi 2.45 rad/s.

- Berdasarkan diagram Nyquist di atas batas penguatan dengan gain 0.7 diperoleh karakteristik gain margin -2.92 dB pada frekuensi 2.45 rad/s.
- Berdasarkan tanggap fungsi langkah untuk sistem di bawah batas penguatan diperoleh karakteristik peak amplitude 1.4, rise time 0.513s, settling time 56.1s, dan final value 0.769.
- Berdasarkan tanggap fungsi langkah untuk sistem di batas penguatan diperoleh karakteristik peak amplitude $\geq 1.86 \times 10^{25}$ dan rise time N/A.
- Berdasarkan tanggap fungsi langkah untuk sistem di atas batas penguatan diperoleh karakteristik peak amplitude $\leq -1.12 \times 10^{26}$ dan rise time N/A.

Praktikum 2

- Berdasarkan diagram bode dari tanggap frekuensi sistem diperoleh karakteristik peak gain 15 dB pada frekuensi $1.19 \times 10^{0.3}$ rad/s, gain margin 0.0698 dB pada frekuensi $1.58 \times 10^{0.3}$ rad/s, dan closed loop stable yes.
- Berdasarkan diagram Nyquist dari fungsi alih diperoleh karakteristik peak gain 15 dB pada frekuensi $1.19 \times 10^{0.3}$ rad/s, gain margin 0.0698 dB pada frekuensi $1.58 \times 10^{0.3}$ rad/s, dan closed loop stable yes.
- Kestabilan dari sistem kalang tertutup adalah stabil
- Batas penguatan dari sistem agar sistem stabil adalah gain margin 0.0698 dB dengan skala liner 1.0081.
- Berdasarkan diagram Nyquist di bawah batas penguatan dengan gain 0.5 diperoleh karakteristik gain margin 6.09 dB pada frekuensi $1.58 \times 10^{0.3}$ rad/s.
- Berdasarkan diagram Nyquist di batas penguatan dengan gain 0.0698 diperoleh karakteristik gain margin -0.00441 dB pada frekuensi $1.58 \times 10^{0.3}$ rad/s.
- Berdasarkan diagram Nyquist di atas batas penguatan dengan gain 1.5 diperoleh karakteristik gain margin -3.45 dB pada frekuensi $1.58 \times 10^{0.3}$ rad/s.
- Berdasarkan tanggap fungsi langkah untuk sistem di bawah batas penguatan diperoleh karakteristik peak amplitude 1.13, rise time 0.000814s, settling time 0.0945s, dan final value 0.637.
- Berdasarkan tanggap fungsi langkah untuk sistem di batas penguatan diperoleh karakteristik peak amplitude $\leq -3.12 \times 10^{26}$ dan rise time N/A.
- Berdasarkan tanggap fungsi langkah untuk sistem di atas batas penguatan diperoleh karakteristik peak amplitude $\geq 6.3 \times 10^{26}$ dan rise time N/A.

7. Kesimpulan dan Rekomendasi

Kesimpulan :

- Diagram bode berfungsi untuk menganalisis magnitude dan fase dari sistem.
- Diagram Nyquist berfungsi untuk representasi lain dari tanggap frekuensi dengan pasangan bilangan variabel frekuensi ω dan bilangan kompleks $G(j\omega)$ dalam bentuk representasi bidang kompleks.

- Kestabilan sistem dapat ditentukan melalui diagram Nyquist dengan menjumlahkan banyaknya pemutaran terhadap titik -1 dengan banyaknya kutub $G(s)H(s)$ yang berada pada sisi kanan bidang kompleks. Ketika Z sama dengan 0, maka sistem stabil. Ketika Z tidak sama dengan 0, maka sistem tidak stabil.
- Modifikasi penguatan pada sistem umpan balik tunggal berfungsi untuk menentukan efek variasi gain margin terhadap kestabilan sistem. Ketika gain margin di bawah batas penguatan, maka sistem stabil. Ketika gain margin di batas penguatan, maka sistem stabil kritis. Ketika gain margin di atas batas penguatan, maka sistem tidak stabil.

Saran : modul praktikum sebaiknya dicek terlebih dahulu sebelum praktikum sehingga praktikan dapat memahami materi dengan baik.