

## **KUMPULAN PROGRAM UNTUK PEMODELAN DAN ANALISA SISTEM KENDALI BUCK BOOST CONVERTER**

Buku ini berisi kumpulan program untuk pemodelan dan analisa sistem kendali Buck - Boost Converter dengan menggunakan pengendali dan kompensator. Program ditulis dengan menggunakan bahasa pemograman Matlab sedangkan pengendali dan kompensator yang dirancang berdasarkan pendekatan tanggapan frekuensi dan tempat kedudukan akar. Untuk pengendali yang digunakan meliputi pengendali Proporsional (P), pengendali Proporsional Integral (PI), pengendali Proporsional Diferensial (PD) dan Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID) sedangkan kompensator yang digunakan meliputi kompensator ketinggalan dan kompensator mendahului. Untuk analisa kendali yang dilakukan terdiri dari analisa kesalahan, analisa peralihan, analisa domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran terbuka, analisa domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran tertutup, analisa kestabilan dan analisa kekokohan. Buku ini terdiri dari 4 bab dimana antara satu bab dengan bab yang lain saling berkaitan. Adapun susunan bab sebagai berikut :

1. Program Matlab untuk pemodelan dan analisa sistem kendali Buck - Boost Converter Dengan Pengendali (Tanggapan Frekuensi)
2. Program Matlab untuk pemodelan dan analisa sistem kendali Buck - Boost Converter Dengan Kompensator (Tanggapan Frekuensi)
3. Program Matlab untuk pemodelan dan analisa sistem kendali Buck - Boost Converter Dengan Pengendali (Tempat Kedudukan Akar)
4. Program Matlab untuk pemodelan dan analisa sistem kendali Buck - Boost Converter Dengan Kompensator (Tempat Kedudukan Akar)



LPPM - Universitas Andalas



KUMPULAN PROGRAM UNTUK PEMODELAN DAN ANALISA SISTEM KENDALI BUCK BOOST CONVERTER

Heru Dibyo Laksono

## **KUMPULAN PROGRAM UNTUK PEMODELAN DAN ANALISA SISTEM KENDALI BUCK BOOST CONVERTER**

**Heru Dibyo Laksono**

# **Kumpulan Program Untuk Pemodelan Dan Analisa Sistem Kendali Buck Boost Converter**

**Heru Dibyo Laksono**

diterbitkan oleh:  
LPPM Universitas Andalas

Kumpulan Program Untuk Pemodelan dan Analisa Sistem Kendali  
Buck Boost Converter

Penulis :  
Heru Dibyo Laksono

ISBN : 978-623-7626-17-6

Penerbit :  
LPPM – Universitas Andalas  
Gedung Rektorat Lantai 2 Kampus Unand Limau Manis Kampus  
Unand Limau Manis Kota Padang Sumatera Barat Indonesia

Web: [www.lppm.unand.ac.id](http://www.lppm.unand.ac.id)  
Telp. 0751-72645  
Email: [lppm.unand@gmail.com](mailto:lppm.unand@gmail.com)

Hak Cipta dilindungi Undang Undang.  
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk apapun dan  
dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit

# PRAKATA

Buku ini berisi kumpulan program untuk pemodelan dan analisa sistem kendali Buck - Boost Converter dengan menggunakan pengendali dan kompensator. Program ditulis dengan menggunakan bahasa pemrograman Matlab sedangkan pengendali dan kompensator yang dirancang berdasarkan pendekatan tanggapan frekuensi dan tempat kedudukan akar. Untuk pengendali yang digunakan meliputi pengendali Proporsional (P), pengendali Proporsional Integral (PI), pengendali Proporsional Diferensial (PD) dan Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID) sedangkan kompensator yang digunakan meliputi kompensator ketinggalan dan kompensator mendahului. Untuk analisa kendali yang dilakukan terdiri dari analisa kesalahan, analisa peralihan, analisa domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran terbuka, analisa domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran tertutup, analisa kestabilan dan analisa kekokohan.

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya penulis sampaikan kepada orang tua kami yang telah memberikan perhatian penuh dalam penyelesaian naskah buku ini. Ucapan terima kasih kepada banyak pihak yang telah mendukung penulis dalam penyelesaian naskah buku ini. Kepada istri tercinta Reri Afrianita, anak - anakku Thanisa Nashwa Azura (Thata) dan Fathan Athallah Kaysan (Fathan) serta keluarga besarku, buku ini kupersembahkan untuk kalian semua. Akhirnya, segala tanggungjawab akademis dari naskah buku ini sepenuhnya berada di tangan penulis.

Padang, September 2019



# DAFTAR ISI

PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	v
BAB 1. PROGRAM MATLAB UNTUK PEMODELAN DAN ANALISA SISTEM KENDALI BUCK BOOST CONVERTER DENGAN PENGENDALI (TANGGAPAN FREKUENSI)	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Sistem Buck Boost Converter	2
1.3 Sistem Buck Boost Converter Dengan Pengendali Proporsional (P)	6
1.4 Sistem Buck Boost Converter Dengan Pengendali Proporsional Integral (PI)	12
1.5 Sistem Buck Boost Converter Dengan Pengendali Proporsional Diferensial (PD)	18
1.6 Sistem Buck Boost Converter Dengan Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)	24
1.7 Kode – Kode Matlab Untuk Fungsi – Fungsi Pengendali	30
1.7.1 Kode – Kode Matlab Untuk Fungsi Pengendali Proporsional (P)	30
1.7.2 Kode – Kode Matlab Untuk Fungsi Pengendali Proporsional Integral (PI)	31
1.7.3 Kode – Kode Matlab Untuk Fungsi Pengendali Proporsional Diferensial (PD)	33
1.7.4 Kode – Kode Matlab Untuk Fungsi Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)	35
BAB 2. PROGRAM MATLAB UNTUK PEMODELAN DAN ANALISA SISTEM KENDALI BUCK BOOST CONVERTER DENGAN KOMPENSATOR (TANGGAPAN FREKUENSI)	39
2.1 Pendahuluan	39
2.2 Sistem Buck Boost Converter	40

2.3 Sistem Buck Boost Converter Dengan Kompensator Ketinggalan	44
2.4 Sistem Buck Boost Converter Dengan Kompensator Mendahului	50
2.5 Kode – Kode Matlab Untuk Fungsi – Fungsi Kompensator	55
2.5.1 Kode – Kode Matlab Untuk Fungsi Kompensator Ketinggalan	56
2.5.2 Kode – Kode Matlab Untuk Fungsi Kompensator Mendahului	58
BAB 3. PROGRAM MATLAB UNTUK PEMODELAN DAN ANALISA SISTEM KENDALI BUCK BOOST CONVERTER DENGAN PENGENDALI (TEMPAT KEDUDUKAN AKAR)	61
3.1 Pendahuluan	61
3.2 Sistem Buck Boost Converter	62
3.3 Sistem Buck Boost Converter Dengan Pengendali Proporsional (P)	33
3.4 Sistem Buck Boost Converter Dengan Pengendali Proporsional Integral (PI)	72
3.5 Sistem Buck Boost Converter Dengan Pengendali Proporsional Diferensial (PD)	78
3.6 Sistem Buck Boost Converter Dengan Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)	84
3.7 Kode – Kode Matlab Untuk Fungsi – Fungsi Pengendali	90
3.7.1 Kode – Kode Matlab Untuk Fungsi Pengendali Proporsional (P)	90
3.7.2 Kode – Kode Matlab Untuk Fungsi Pengendali Proporsional Integral (PI)	92
3.7.3 Kode – Kode Matlab Untuk Fungsi Pengendali Proporsional Diferensial (PD)	93

3.7.4 Kode – Kode Matlab Untuk Fungsi Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)	93
<b>BAB 4. PROGRAM MATLAB UNTUK PEMODELAN DAN ANALISA SISTEM KENDALI BUCK BOOST CONVERTER DENGAN KOMPENSATOR (TEMPAT KEDUDUKAN AKAR)</b>	95
4.1 Pendahuluan	95
4.2 Sistem Buck Boost Converter	96
4.3 Sistem Buck Boost Converter Dengan Kompensator Ketinggalan	100
4.4 Sistem Buck Boost Converter Dengan Kompensator Mendahului	106
4.5 Kode – Kode Matlab Untuk Fungsi – Fungsi Kompensator	112
4.5.1 Kode – Kode Matlab Untuk Fungsi Kompensator Ketinggalan	112
4.5.2 Kode – Kode Matlab Untuk Fungsi Kompensator Mendahului	113
GLOSARIUM	115
DAFTAR PUSTAKA	117
INDEKS	119





# **BAB 1**

## **PROGRAM MATLAB UNTUK PEMODELAN DAN ANALISA SISTEM KENDALI BUCK BOOST CONVERTER DENGAN PENGENDALI (TANGGAPAN FREKUENSI)**

### **1.1 Pendahuluan**

Bagian ini menjelaskan kode – kode Matlab yang digunakan untuk pemodelan dan analisa sistem kendali Buck Boost Converter dengan menggunakan pengendali dengan pendekatan tanggapan frekuensi. Pengendali yang digunakan meliputi pengendali Proporsional (P), pengendali Proporsional Integral (PI), pengendali Proporsional Diferensial (PD) dan Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID). Untuk analisa kendali yang dilakukan terdiri dari analisa kesalahan, analisa peralihan, analisa domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran terbuka, analisa domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran tertutup, analisa kestabilan dan analisa kekokohan.

Untuk analisa kesalahan ini ditunjukkan oleh tipe sistem, konstanta kesalahan posisi, konstanta kesalahan kecepatan, konstanta kesalahan percepatan, kesalahan keadaan mantap untuk masukan undak satuan, kesalahan keadaan mantap untuk masukan laju satuan dan kesalahan keadaan mantap untuk masukan parabolik. Untuk analisa peralihan diperoleh dari tanggapan tegangan peralihan fungsi alih lingkaran tertutup terhadap masukan undak satuan. Untuk analisa peralihan tanggapan tegangan sistem Buck Boost Converter terhadap masukan undak satuan ditunjukkan oleh waktu naik, waktu puncak, nilai puncak, lewatan maksimum dan waktu keadaan mantap.

Analisa domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran terbuka ditunjukkan oleh margin penguatan, frekuensi margin penguatan, margin fasa dan frekuensi margin fasa dan nilai – nilai tersebut diperoleh dari diagram Bode. Untuk analisa domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran tertutup ditunjukkan oleh lebar pita, nilai puncak resonansi dan frekuensi puncak resonansi dan ketiga nilai tersebut diperoleh dari diagram Magnitude Bode.

Untuk analisa kestabilan dilakukan dengan menggunakan metoda akar – akar persamaan karakteristik dan kriteria Nyquist. Tanggapan tegangan sistem Buck Boost Converter akan bersifat stabil jika akar – akar dari persamaan karakteristik dari fungsi alih lingkaran tertutup mempunyai bagian nyata yang bernilai negatif. Kriteria kestabilan Nyquist pada tanggapan tegangan sistem Buck Boost Converter adalah kriteria kestabilan yang merelasikan tanggapan frekuensi lingkaran terbuka  $G(j\omega)H(j\omega)$  dengan banyaknya pole dan zero dari  $1 + G(j\omega)H(j\omega)$  yang terletak di sebelah kanan sumbu khayal bidang  $s$ .

Pembahasan terakhir yang dilakukan adalah analisa kekokohan tanggapan tegangan sistem Buck Boost Converter terhadap gangguan, peredaman derau terhadap frekuensi tinggi dan mempunyai tanggapan yang cepat terhadap masukan tertentu. Untuk Analisa kekokohan dilakukan dengan menggunakan kriteria puncak maksimum. Kriteria puncak maksimum ini terdiri dari nilai puncak maksimum sensitivitas dan nilai puncak maksimum sensitivitas komplementer.

## 1.2 Sistem Buck Boost Converter

Kode Matlab untuk analisa kendali sistem Buck Boost Converter sebagai berikut.

```
clc
clear all
close all
close all hidden
%
% Buck - Boost Converter
%
V1 = 40.0000;
L = 250.0000 * 10^(-6);
C = 60.0000 * 10^(-6);
R = 10.0000;
f = 20000.0000;
k = 0.6000;
M = 1/(1 - k);
V2 = k*V1/(1 - k);
Vc = V2;
I1 = 9.0000;
I2 = 6.0000;
```

```

IL = 15.0000;
T = 1/f;
%
PE = V1*I1*T;
Po = V2*I2;
Pin = V1*I1;
WC = 0.5000 * C * (Vc^2);
WL = 0.5000 * L * (IL^2);
SE = WL + WC;
CIR = WC/WL;
EF = SE/PE;
eff = Po/Pin;
tau1 = ((2*T)*EF)/(1 + CIR);
tau2 = (1 + (CIR*((1.0000 - eff)/eff)));
tau = tau1 * tau2;
td1 = ((2*T)*EF)/(1 + CIR);
td2 = CIR/(eff + CIR*(1-eff));
td = td1 * td2;
rasio = td/tau;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
\')
num_ol = [0.0000 0.0000 M];
den_ol = [tau*td tau 1.0000];
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
\')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Informasi Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter
fprintf('\n')
disp ('Nilai Kesalahan Buck - Boost Converter ')
ErrorTF(num_ol,den_ol)
%
% Informasi Analisa Peralihan Buck - Boost Converter
fprintf('\n')
disp ('Tangapan Peralihan Buck - Boost Converter ')
t = 0:0.01:20.00;
[y,x,t] = step(sys_cl);
Pl = stepinfo(sys_cl)

```

```

%
% Informasi Analisa Frekuensi Buck - Boost Converter Untuk
Fungsi Alih Lingkar Terbuka
fprintf('\n')
disp('Informasi Analisa Frekuensi Buck - Boost Converter
Untuk Fungsi Alih Lingkar Terbuka ')
[Gm,Pm,Wgm,Wpm] = margin(sys_ol);
fprintf('Margin Penguatan           = %10.5g \n',Gm)
fprintf('Margin Penguatan (dB)       = %10.5g
\n',mag2db(Gm))
fprintf('Margin Fasa                   = %10.5g \n',Pm)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan    = %10.5g \n',Wgm)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa         = %10.5g \n',Wpm)
%
% Informasi Analisa Frekuensi Buck - Boost Converter Untuk
Fungsi Alih Lingkar Tertutup
fprintf('\n')
disp('Informasi Analisa Frekuensi Buck - Boost Converter
Untuk Fungsi Alih Lingkar Tertutup')
[gpeak,fpeak] = getPeakGain(sys_cl);
bw = bandwidth(sys_cl);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik)         = %10.5g
\n',bw)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi         = %10.5g
\n',gpeak)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB)    = %10.5g
\n',mag2db(gpeak))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) = %10.5g
\n',fpeak)
%
% Informasi Analisa Kestabilan Buck - Boost Converter
Dengan Persamaan Karakteristik
fprintf('\n')
disp('Akar - Akar Persamaan Karakteristik')
damp(sys_cl)
%
% Kestabilan Sistem Buck Boost Converter Dengan Kriteria
% Nyquist
fprintf('\n')
figure
newnyq(num_ol,den_ol)
grid on
%
% Informasi Analisa Kekokohan

```

```

fprintf('\n')
disp('Kekokohan Buck - Boost Converter')
T = sys_cl;
S = 1 - T;
Ms = norm((1 - sys_cl),inf,1e-4);
Mt = norm(sys_cl,inf,1e-4);
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas           =
%10.5g \n',Ms)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer
= %10.5g \n',Mt)
%
% Penentuan Nilai Margin Penguatan dan Margin Fasa
Gm_s = Ms/ (Ms - 1);
Pm_s = 2*asind(1/(2*Ms));
fprintf('Nilai Margin Penguatan                       =
%10.5g \n',Gm_s)
fprintf('Nilai Margin Penguatan (dB)                 =
%10.5g \n',mag2db(Gm_s))
fprintf('Nilai Margin Fasa                           =
%10.5g \n',Pm_s)
%
% Tanggapan Peralihan Buck - Boost Converter Untuk Fungsi
Alih Lingkar Tertutup Terhadap Masukan Undak Satuan
figure
step(sys_cl);
ylabel('Nilai V2')
xlabel('Waktu')
grid on
title('Tanggapan Peralihan Buck - Boost Converter')
%
% Diagram Bode Buck - Boost Converter
figure
bode(sys_ol);
grid on
%
% Diagram Magnitude Bode Buck - Boost Converter
figure
bodemag(sys_cl,t);
grid on
%
% Akar - Akar Persamaan Karakteristik Buck - Boost Converter
figure
pzmap(sys_cl);
grid on

```

```

%
% Tanggapan Fungsi Sensitivitas dan Fungsi Sensitivitas
% Komplementer Buck - Boost Converter
figure
loops = loopsens(tf(num_ol,den_ol),1);
bode(loops.Si,loops.Ti)
grid on

```

### 1.3 Sistem Buck Boost Converter Dengan Pengendali Proporsional (P)

Kode Matlab untuk analisa kendali sistem Buck Boost Converter dengan pengendali Proporsional Integral (PI) sebagai berikut.

```

clc
clear all
close all
close all hidden
%
% Buck - Boost Converter
%
V1 = 40.0000;
L = 250.0000 * 10^(-6);
C = 60.0000 * 10^(-6);
R = 10.0000;
f = 20000.0000;
k = 0.6000;
M = 1/(1 - k);
V2 = k*V1/(1 - k);
Vc = V2;
I1 = 9.0000;
I2 = 6.0000;
IL = 15.0000;
T = 1/f;
%
PE = V1*I1*T;
Po = V2*I2;
Pin = V1*I1;
WC = 0.5000 * C * (Vc^2);
WL = 0.5000 * L * (IL^2);
SE = WL + WC;
CIR = WC/WL;
EF = SE/PE;
eff = Po/Pin;

```

```

tau1 = ((2*T)*EF)/(1 + CIR);
tau2 = (1 + (CIR*((1.0000 - eff)/eff)));
tau = tau1 * tau2;
td1 = ((2*T)*EF)/(1 + CIR);
td2 = CIR/(eff + CIR*(1-eff));
td = td1 * td2;
rasio = td/tau;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
')
num_ol = [0.0000    0.0000    M];
den_ol = [tau*td    tau    1.0000];
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost
Converter ')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional (P) Untuk Sistem
Buck - Boost Converter
[numopen,denopen,dencl]=Pengendali_P_RF(num_ol,den_ol);
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = tf(numopen,denopen)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost
Converter Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_cl_p = tf(numopen,dencl)
%
% Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter
fprintf('\n')
disp ('Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter Tanpa
Pengendali Proporsional (P)')
e1 = abs(1-dcgain(sys_cl))
disp ('Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter Dengan
Pengendali Proporsional (P)')

```



```

e2 = abs(1-dcgain(sys_cl_p))
%
% Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dalam Domain Waktu
fprintf('\n')
disp ('Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost
Converter Tanpa Pengendali Proporsional (P)')
t = 0:0.01:20.00;
[y,x,t] = step(sys_cl);
P1 = stepinfo(sys_cl)
%
disp ('Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost
Converter Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[yg,xg,t] = step(sys_cl_p);
Pg = stepinfo(sys_cl_p)
%
% Performansi Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
Dalam Domain Frekuensi
fprintf('\n')
disp ('Performansi Lingkar Terbuka Dalam Domain
Frekuensi Tanpa Pengendali Proporsional (P)')
[Gm,Pm,Wgm,Wpm] = margin(sys_ol);
fprintf('Margin Penguatan                = %10.5g \n',Gm)
fprintf('Margin Penguatan (dB)           = %10.5g
\n',mag2db(Gm))
fprintf('Margin Fasa                      = %10.5g \n',Pm)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan       = %10.5g
\n',Wgm)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa            = %10.5g
\n',Wpm)
%
disp ('Performansi Lingkar Terbuka Dalam Domain
Frekuensi Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[Gmg,Pmg,Wmg,Wpmg] = margin(sys_ol_p);
fprintf('Margin Penguatan                = %10.5g
\n',Gmg)
fprintf('Margin Penguatan (dB)           = %10.5g
\n',mag2db(Gmg))
fprintf('Margin Fasa                      = %10.5g
\n',Pmg)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan       = %10.5g
\n',Wmg)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa            = %10.5g
\n',Wpmg)

```

```

%
% Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dalam Domain Frekuensi
fprintf('\n')
disp('Performansi Lingkar Tertutup Dalam Domain
Frekuensi Tanpa Pengendali Proporsional (P)')
[gpeak,fpeak] = getPeakGain(sys_cl);
bw = bandwidth(sys_cl);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik) =
%10.5g \n',bw)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi =
%10.5g \n',gpeak)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB) =
%10.5g \n',mag2db(gpeak))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) =
%10.5g \n',fpeak)
%
disp('Performansi Lingkar Tertutup Dalam Domain
Frekuensi Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[gpeak_g,fpeak_g] = getPeakGain(sys_cl_p);
bw_g = bandwidth(sys_cl_p);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik) =
%10.5g \n',bw_g)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi =
%10.5g \n',gpeak_g)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB) =
%10.5g \n',mag2db(gpeak_g))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) =
%10.5g \n',fpeak_g)
%
% Kestabilan Sistem Buck - Boost Converter Dengan
Persamaan
% Karakteristik
fprintf('\n')
disp('Akar - Akar Persamaan Karakteristik Sistem Buck -
Boost Converter Tanpa Pengendali Proporsional (P)')
damp(sys_cl)
disp('Akar - Akar Persamaan Karakteristik Sistem Buck -
Boost Converter Dengan Pengendali Proporsional (P)')
damp(sys_cl_p)
%
% Kestabilan Sistem Buck - Boost Converter Dengan
Kriteria
% Nyquist

```

```

fprintf('\n')
figure
subplot(211)
disp('Batas Kestabilan Tanpa Pengendali Proporsional
(P)')
newnyq(num_ol,den_ol)
grid on
subplot(212)
disp('Batas Kestabilan Dengan Pengendali Proporsional
(P)')
newnyq(numopen,denopen)
grid on
%
% Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter
fprintf('\n')
disp('Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter Tanpa
Pengendali Proporsional (P)')
T = sys_cl;
S = 1 - T;
Ms = norm((1 - sys_cl),inf,1e-4);
Mt = norm(sys_cl,inf,1e-4);
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas
= %10.5g \n',Ms)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer
= %10.5g \n',Mt)
%
% Penentuan Nilai Margin Penguatan dan Margin Fasa
Gm_s = Ms/ (Ms - 1);
Pm_s = 2*asind(1/(2*Ms));
fprintf('Nilai Margin Penguatan
= %10.5g \n',Gm_s)
fprintf('Nilai Margin Penguatan (dB)
= %10.5g \n',mag2db(Gm_s))
fprintf('Nilai Margin Fasa
= %10.5g \n',Pm_s)
%
disp('Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter Dengan
Pengendali Proporsional (P)')
T_p = sys_cl_p;
S_p = 1 - T_p;
Ms_p = norm((1 - sys_cl_p),inf,1e-4);
Mt_p = norm(sys_cl_p,inf,1e-4);
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas
= %10.5g \n',Ms_p)

```

```

fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer
= %10.5g \n',Mt_p)
%
% Penentuan Nilai Margin Penguatan dan Margin Fasa
Gm_p = Ms_p/ (Ms_p - 1);
Pm_p = 2*asind(1/(2*Ms_p));
fprintf('Nilai Margin Penguatan
= %10.5g \n',Gm_p)
fprintf('Nilai Margin Penguatan (dB)
= %10.5g \n',mag2db(Gm_p))
fprintf('Nilai Margin Fasa
= %10.5g \n',Pm_p)
%
% Tanggapan Terhadap Masukan Undak Satuan Tanpa dan
Dengan Pengendali Proporsional (P)
figure
t = 0.0 : 0.01 : 25.000;
step(sys_cl,'-',sys_cl_p,'--',t);
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional
(P)', 'Dengan Pengendali Proporsional (P)');
ylabel('Tegangan')
xlabel('Waktu')
grid on
title('Tanggapan Tegangan Sistem Buck - Boost
Konverter')
%
% Diagram Bode Tanpa dan Dengan Pengendali Proporsional
(P)
figure
margin(sys_ol)
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional (P)');
grid on
figure
margin(sys_ol_p)
hleg = legend('Dengan Pengendali Proporsional (P)');
grid on
%
% Diagram Magnitude Bode Tanpa dan Dengan Pengendali
Proporsional (P)
figure
bodemag(sys_cl)
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional (P)');
grid on
figure

```

```

bodemag(sys_cl_p)
hleg = legend('Dengan Pengendali Proporsional (P)');
grid on
%
% Tanggapan Fungsi Sensitivitas dan Fungsi Sensitivitas
Komplementer
loops = loopsens(tf(num_ol,den_ol),1);
loops_p = loopsens(tf(numopen,denopen),1);
bode(loops.Si,loops_p.Si,loops.Ti,loops_p.Ti)
grid on

```

## 1.4 Sistem Buck Boost Converter Dengan Pengendali Proporsional Integral (PI)

Kode Matlab untuk analisa kendali sistem Buck Boost Converter dengan pengendali Proporsional Integral (PI) sebagai berikut.

```

clc
clear all
close all
close all hidden
%
% Buck - Boost Converter
%
V1 = 40.0000;
L = 250.0000 * 10^(-6);
C = 60.0000 * 10^(-6);
R = 10.0000;
f = 20000.0000;
k = 0.6000;
M = 1/(1 - k);
V2 = k*V1/(1 - k);
Vc = V2;
I1 = 9.0000;
I2 = 6.0000;
IL = 15.0000;
T = 1/f;
%
PE = V1*I1*T;
Po = V2*I2;
Pin = V1*I1;
WC = 0.5000 * C * (Vc^2);
WL = 0.5000 * L * (IL^2);
SE = WL + WC;

```

```

CIR = WC/WL;
EF = SE/PE;
eff = Po/Pin;
tau1 = ((2*T)*EF)/(1 + CIR);
tau2 = (1 + (CIR*((1.0000 - eff)/eff)));
tau = tau1 * tau2;
td1 = ((2*T)*EF)/(1 + CIR);
td2 = CIR/(eff + CIR*(1-eff));
td = td1 * td2;
rasio = td/tau;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
\')
num_ol = [0.0000 0.0000 M];
den_ol = [tau*td tau 1.0000];
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
\')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional Integral (PI) Untuk
Sistem Buck - Boost Converter
[numopen,denopen,dencl]=Pengendali_PI_RF(num_ol,den_ol);
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional Integral (PI)
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional Integral (PI)')
sys_ol_p = tf(numopen,denopen)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional Integral (PI)
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional Integral (PI)')
sys_cl_p = tf(numopen,dencl)
%
% Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter
fprintf('\n')
disp ('Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter Tanpa
Pengendali Proporsional Integral (PI)')

```

```

e1 = abs(1-dcgain(sys_cl))
disp ('Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter Dengan
Pengendali Proporsional Integral (PI)')
e2 = abs(1-dcgain(sys_cl_p))
%
% Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dalam Domain Waktu
fprintf('\n')
disp ('Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Tanpa Pengendali Proporsional Integral (PI)')
t = 0:0.01:20.00;
[y,x,t] = step(sys_cl);
P1 = stepinfo(sys_cl)
%
disp ('Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional Integral (PI)')
[yg,xg,t] = step(sys_cl_p);
Pg = stepinfo(sys_cl_p)
%
% Performansi Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter Dalam
Domain Frekuensi
fprintf('\n')
disp ('Performansi Lingkar Terbuka Dalam Domain Frekuensi
Tanpa Pengendali Proporsional Integral (PI)')
[Gm,Pm,Wgm,Wpm] = margin(sys_ol);
fprintf('Margin Penguatan = %10.5g \n',Gm)
fprintf('Margin Penguatan (dB) = %10.5g
\n',mag2db(Gm))
fprintf('Margin Fasa = %10.5g \n',Pm)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan = %10.5g \n',Wgm)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa = %10.5g \n',Wpm)
%
disp ('Performansi Lingkar Terbuka Dalam Domain Frekuensi
Dengan Pengendali Proporsional Integral (PI)')
[Gmg,Pmg,Wgmg,Wpmg] = margin(sys_ol_p);
fprintf('Margin Penguatan = %10.5g \n',Gmg)
fprintf('Margin Penguatan (dB) = %10.5g
\n',mag2db(Gmg))
fprintf('Margin Fasa = %10.5g \n',Pmg)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan = %10.5g \n',Wgmg)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa = %10.5g \n',Wpmg)
%
% Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dalam Domain Frekuensi

```

```

fprintf('\n')
disp('Performansi Lingkar Tertutup Dalam Domain Frekuensi
Tanpa Pengendali Proporsional Integral (PI)')
[gpeak,fpeak] = getPeakGain(sys_cl);
bw = bandwidth(sys_cl);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik) = %10.5g
\n',bw)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi = %10.5g
\n',gpeak)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB) = %10.5g
\n',mag2db(gpeak))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) = %10.5g
\n',fpeak)
%
disp('Performansi Lingkar Tertutup Dalam Domain Frekuensi
Dengan Pengendali Proporsional Integral (PI)')
[gpeak_g,fpeak_g] = getPeakGain(sys_cl_p);
bw_g = bandwidth(sys_cl_p);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik) = %10.5g
\n',bw_g)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi = %10.5g
\n',gpeak_g)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB) = %10.5g
\n',mag2db(gpeak_g))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) = %10.5g
\n',fpeak_g)
%
% Kestabilan Sistem Buck - Boost Converter Dengan Persamaan
% Karakteristik
fprintf('\n')
disp('Akar - Akar Persamaan Karakteristik Sistem Buck -
Boost Converter Tanpa Pengendali Proporsional Integral
(PI)')
damp(sys_cl)
disp('Akar - Akar Persamaan Karakteristik Sistem Buck -
Boost Converter Dengan Pengendali Proporsional Integral
(PI)')
damp(sys_cl_p)
%
% Kestabilan Sistem Buck - Boost Converter Dengan Kriteria
% Nyquist
fprintf('\n')
figure
subplot(211)

```



```

disp('Batas Kestabilan Tanpa Pengendali Proporsional
Integral (PI)')
newnyq(num_ol,den_ol)
grid on
subplot(212)
disp('Batas Kestabilan Dengan Pengendali Proporsional
Integral (PI)')
newnyq(numopen,denopen)
grid on
%
% Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter
fprintf('\n')
disp('Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter Tanpa
Pengendali Proporsional Integral (PI)')
T = sys_cl;
S = 1 - T;
Ms = norm((1 - sys_cl),inf,1e-4);
Mt = norm(sys_cl,inf,1e-4);
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas           =
%10.5g \n',Ms)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer
= %10.5g \n',Mt)
%
% Penentuan Nilai Margin Penguatan dan Margin Fasa
Gm_s = Ms/ (Ms - 1);
Pm_s = 2*asind(1/(2*Ms));
fprintf('Nilai Margin Penguatan                       =
%10.5g \n',Gm_s)
fprintf('Nilai Margin Penguatan (dB)                   =
%10.5g \n',mag2db(Gm_s))
fprintf('Nilai Margin Fasa                             =
%10.5g \n',Pm_s)
%
disp('Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter Dengan
Pengendali Proporsional Integral (PI)')
T_p = sys_cl_p;
S_p = 1 - T_p;
Ms_p = norm((1 - sys_cl_p),inf,1e-4);
Mt_p = norm(sys_cl_p,inf,1e-4);
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas           =
%10.5g \n',Ms_p)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer
= %10.5g \n',Mt_p)
%

```

```

% Penentuan Nilai Margin Penguatan dan Margin Fasa
Gm_p = Ms_p/ (Ms_p - 1);
Pm_p = 2*asind(1/(2*Ms_p));
fprintf('Nilai Margin Penguatan           =
%10.5g \n', Gm_p)
fprintf('Nilai Margin Penguatan (dB)      =
%10.5g \n', mag2db(Gm_p))
fprintf('Nilai Margin Fasa                =
%10.5g \n', Pm_p)
%
% Tanggapan Terhadap Masukan Undak Satuan Tanpa dan Dengan
Pengendali Proporsional Integral (PI)
figure
t = 0.0 : 0.01 : 25.000;
step(sys_cl, '-', sys_cl_p, '--', t);
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional Integral
(PI)', 'Dengan Pengendali Proporsional Integral (PI)');
ylabel('Tegangan')
xlabel('Waktu')
grid on
title('Tanggapan Tegangan Sistem Buck Boost Konverter')
%
% Diagram Bode Tanpa dan Dengan Pengendali Proporsional
Integral (PI)
figure
margin(sys_ol)
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional Integral
(PI)');
grid on
figure
margin(sys_ol_p)
hleg = legend('Dengan Pengendali Proporsional Integral
(PI)');
grid on
%
% Diagram Magnitude Bode Tanpa dan Dengan Pengendali
Proporsional Integral (PI)
figure
bodemag(sys_cl)
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional Integral
(PI)');
grid on
figure
bodemag(sys_cl_p)

```

```

hleg = legend('Dengan Pengendali Proporsional Integral
(PI)');
grid on
%
% Tanggapan Fungsi Sensitivitas dan Fungsi Sensitivitas
Komplementer
loops = loopsens(tf(num_ol,den_ol),1);
loops_p = loopsens(tf(numopen,denopen),1);
bode(loops.Si,loops_p.Si,loops.Ti,loops_p.Ti)
grid on

```

## 1.5 Sistem Buck Boost Converter Dengan Pengendali Proporsional Diferensial (PD)

Kode Matlab untuk analisa kendali sistem Buck Boost Converter dengan pengendali Proporsional Diferensial (PD) sebagai berikut.

```

clc
clear all
close all
close all hidden
%
% Buck - Boost Converter
%
V1 = 40.0000;
L = 250.0000 * 10^(-6);
C = 60.0000 * 10^(-6);
R = 10.0000;
f = 20000.0000;
k = 0.6000;
M = 1/(1 - k);
V2 = k*V1/(1 - k);
Vc = V2;
I1 = 9.0000;
I2 = 6.0000;
IL = 15.0000;
T = 1/f;
%
PE = V1*I1*T;
Po = V2*I2;
Pin = V1*I1;
WC = 0.5000 * C * (Vc^2);
WL = 0.5000 * L * (IL^2);
SE = WL + WC;

```

```

CIR = WC/WL;
EF = SE/PE;
eff = Po/Pin;
tau1 = ((2*T)*EF)/(1 + CIR);
tau2 = (1 + (CIR*((1.0000 - eff)/eff)));
tau = tau1 * tau2;
td1 = ((2*T)*EF)/(1 + CIR);
td2 = CIR/(eff + CIR*(1-eff));
td = td1 * td2;
rasio = td/tau;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
\')
num_ol = [0.0000    0.0000    M];
den_ol = [tau*td    tau    1.0000];
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
\')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional Diferensial (PD)
Untuk Sistem Buck - Boost Converter
[numopen,denopen,dencl]=Pengendali_PD_RF(num_ol,den_ol);
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional Diferensial (PD)
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
Dengan PengendaliProporsional Diferensial (PD)')
sys_ol_p = tf(numopen,denopen)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional Diferensial (PD)
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional Diferensial (PD)')
sys_cl_p = tf(numopen,dencl)
%
% Analisa Kesalahan Sistem Boost Converter
fprintf('\n')
disp ('Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter Tanpa
Pengendali Proporsional Diferensial (PD)')

```

```

e1 = abs(1-dcgain(sys_cl))
disp ('Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter Dengan
Pengendali Proporsional Diferensial (PD)')
e2 = abs(1-dcgain(sys_cl_p))
%
% Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dalam Domain Waktu
fprintf('\n')
disp ('Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Tanpa Pengendali Proporsional Diferensial (PD)')
t = 0:0.01:20.00;
[y,x,t] = step(sys_cl);
P1 = stepinfo(sys_cl)
%
disp ('Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional Diferensial (PD)')
[yg,xg,t] = step(sys_cl_p);
Pg = stepinfo(sys_cl_p)
%
% Performansi Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter Dalam
Domain Frekuensi
fprintf('\n')
disp ('Performansi Lingkar Terbuka Dalam Domain Frekuensi
Tanpa Pengendali Proporsional Diferensial (PD)')
[Gm,Pm,Wgm,Wpm] = margin(sys_ol);
fprintf('Margin Penguatan                = %10.5g \n',Gm)
fprintf('Margin Penguatan (dB)           = %10.5g
\n',mag2db(Gm))
fprintf('Margin Fasa                       = %10.5g \n',Pm)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan       = %10.5g \n',Wgm)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa             = %10.5g \n',Wpm)
%
disp ('Performansi Lingkar Terbuka Dalam Domain Frekuensi
Dengan Pengendali Proporsional Diferensial (PD)')
[Gmg,Pmg,Wgmg,Wpmg] = margin(sys_ol_p);
fprintf('Margin Penguatan                = %10.5g \n',Gmg)
fprintf('Margin Penguatan (dB)           = %10.5g
\n',mag2db(Gmg))
fprintf('Margin Fasa                       = %10.5g \n',Pmg)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan       = %10.5g \n',Wgmg)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa             = %10.5g \n',Wpmg)
%
% Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dalam Domain Frekuensi

```

```

fprintf('\n')
disp('Performansi Lingkar Tertutup Dalam Domain Frekuensi
Tanpa Pengendali Proporsional Diferensial (PD)')
[gpeak,fpeak] = getPeakGain(sys_cl);
bw = bandwidth(sys_cl);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik) = %10.5g
\n',bw)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi = %10.5g
\n',gpeak)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB) = %10.5g
\n',mag2db(gpeak))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) = %10.5g
\n',fpeak)
%
disp('Performansi Lingkar Tertutup Dalam Domain Frekuensi
Dengan Pengendali Proporsional Diferensial (PD)')
[gpeak_g,fpeak_g] = getPeakGain(sys_cl_p);
bw_g = bandwidth(sys_cl_p);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik) = %10.5g
\n',bw_g)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi = %10.5g
\n',gpeak_g)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB) = %10.5g
\n',mag2db(gpeak_g))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) = %10.5g
\n',fpeak_g)
%
% Kestabilan Sistem Buck - Boost Converter Dengan Persamaan
% Karakteristik
fprintf('\n')
disp('Akar - Akar Persamaan Karakteristik Sistem Buck -
Boost Converter Tanpa Pengendali Proporsional Diferensial
(PD)')
damp(sys_cl)
disp('Akar - Akar Persamaan Karakteristik Sistem Buck -
Boost Converter Dengan Pengendali Proporsional Diferensial
(PD)')
damp(sys_cl_p)
%
% Kestabilan Sistem Buck - Boost Converter Dengan Kriteria
% Nyquist
fprintf('\n')
figure
subplot(211)

```

```

disp('Batas Kestabilan Tanpa Pengendali Proporsional
Diferensial (PD)')
newnyq(num_ol,den_ol)
grid on
subplot(212)
disp('Batas Kestabilan Dengan Pengendali Proporsional
Diferensial (PD)')
newnyq(numopen,denopen)
grid on
% Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter
fprintf('\n')
disp('Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter Tanpa
Pengendali Proporsional Diferensial (PD)')
T = sys_cl;
S = 1 - T;
Ms = norm((1 - sys_cl),inf,1e-4);
Mt = norm(sys_cl,inf,1e-4);
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas           =
%10.5g \n',Ms)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer
= %10.5g \n',Mt)
%
% Penentuan Nilai Margin Penguatan dan Margin Fasa
Gm_s = Ms/ (Ms - 1);
Pm_s = 2*asind(1/(2*Ms));
fprintf('Nilai Margin Penguatan                       =
%10.5g \n',Gm_s)
fprintf('Nilai Margin Penguatan (dB)                 =
%10.5g \n',mag2db(Gm_s))
fprintf('Nilai Margin Fasa                           =
%10.5g \n',Pm_s)
%
disp('Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter Dengan
Pengendali Proporsional Diferensial (PD)')
T_p = sys_cl_p;
S_p = 1 - T_p;
Ms_p = norm((1 - sys_cl_p),inf,1e-4);
Mt_p = norm(sys_cl_p,inf,1e-4);
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas           =
%10.5g \n',Ms_p)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer
= %10.5g \n',Mt_p)
%
% Penentuan Nilai Margin Penguatan dan Margin Fasa

```

```

Gm_p = Ms_p/ (Ms_p - 1);
Pm_p = 2*asind(1/(2*Ms_p));
fprintf('Nilai Margin Penguatan           =
%10.5g \n', Gm_p)
fprintf('Nilai Margin Penguatan (dB)      =
%10.5g \n', mag2db(Gm_p))
fprintf('Nilai Margin Fasa                =
%10.5g \n', Pm_p)
%
% Tanggapan Terhadap Masukan Undak Satuan Tanpa dan Dengan
Pengendali Proporsional Diferensial (PD)
figure
t = 0.0 : 0.01 : 25.000;
step(sys_cl, '-', sys_cl_p, '--', t);
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional Diferensial
(PD)', 'Dengan Pengendali Proporsional Diferensial (PD)');
ylabel('Tegangan')
xlabel('Waktu')
grid on
title('Tanggapan Tegangan Sistem Buck Boost Konverter')
%
% Diagram Bode Tanpa dan Dengan Pengendali Proporsional
Diferensial (PD)
figure
margin(sys_ol)
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional Diferensial
(PD)');
grid on
figure
margin(sys_ol_p)
hleg = legend('Dengan Pengendali Proporsional Diferensial
(PD)');
grid on
%
% Diagram Magnitude Bode Tanpa dan Dengan Pengendali
Proporsional Diferensial (PD)
figure
bodemag(sys_cl)
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional Diferensial
(PD)');
grid on
figure
bodemag(sys_cl_p)
hleg = legend('Dengan Pengendali Proporsional Diferensial

```



```

(PD)');
grid on
%
% Tanggapan Fungsi Sensitivitas dan Fungsi Sensitivitas
Komplementer
loops = loopsens(tf(num_ol,den_ol),1);
loops_p = loopsens(tf(numopen,denopen),1);
bode(loops.Si,loops_p.Si,loops.Ti,loops_p.Ti)
grid on

```

## 1.6 Sistem Buck Boost Converter Dengan Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)

Kode Matlab untuk analisa kendali sistem Buck Boost Converter dengan pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID) sebagai berikut.

```

clc
clear all
close all
close all hidden
%
% Buck - Boost Converter
%
V1 = 40.0000;
L = 250.0000 * 10^(-6);
C = 60.0000 * 10^(-6);
R = 10.0000;
f = 20000.0000;
k = 0.6000;
M = 1/(1 - k);
V2 = k*V1/(1 - k);
Vc = V2;
I1 = 9.0000;
I2 = 6.0000;
IL = 15.0000;
T = 1/f;
%
PE = V1*I1*T;
Po = V2*I2;
Pin = V1*I1;
WC = 0.5000 * C * (Vc^2);
WL = 0.5000 * L * (IL^2);
SE = WL + WC;

```

```

CIR = WC/WL;
EF = SE/PE;
eff = Po/Pin;
tau1 = ((2*T)*EF)/(1 + CIR);
tau2 = (1 + (CIR*((1.0000 - eff)/eff)));
tau = tau1 * tau2;
td1 = ((2*T)*EF)/(1 + CIR);
td2 = CIR/(eff + CIR*(1-eff));
td = td1 * td2;
rasio = td/tau;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
\')
num_ol = [0.0000 0.0000 M];
den_ol = [tau*td tau 1.0000];
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
\')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional Integral Diferensial
(PID) Untuk Sistem Buck - Boost Converter
[numopen,denopen,dencl]=Pengendali_PID_RF(num_ol,den_ol);
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional Integral Diferensial
(PID)')
sys_ol_p = tf(numopen,denopen)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional Integral Diferensial
(PID)')
sys_cl_p = tf(numopen,dencl)
%
% Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter

```

```

fprintf('\n')
disp ('Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter Tanpa
Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)')
e1 = abs(1-dcgain(sys_cl))
disp ('Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter Dengan
Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)')
e2 = abs(1-dcgain(sys_cl_p))
%
% Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dalam Domain Waktu
fprintf('\n')
disp ('Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Tanpa Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)')
t = 0:0.01:20.00;
[y,x,t] = step(sys_cl);
P1 = stepinfo(sys_cl)
%
disp ('Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional Integral Diferensial
(PID)')
[yg,xg,t] = step(sys_cl_p);
Pg = stepinfo(sys_cl_p)
%
% Performansi Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter Dalam
Domain Frekuensi
fprintf('\n')
disp ('Performansi Lingkar Terbuka Dalam Domain Frekuensi
Tanpa Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)')
[Gm,Pm,Wgm,Wpm] = margin(sys_ol);
fprintf('Margin Penguatan                = %10.5g \n',Gm)
fprintf('Margin Penguatan (dB)           = %10.5g
\n',mag2db(Gm))
fprintf('Margin Fasa                      = %10.5g \n',Pm)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan       = %10.5g \n',Wgm)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa            = %10.5g \n',Wpm)
%
disp ('Performansi Lingkar Terbuka Dalam Domain Frekuensi
Dengan Pengendali Proporsional Integral Diferensial
(PID)')
[Gmg,Pmg,Wmg,Wpmg] = margin(sys_ol_p);
fprintf('Margin Penguatan                = %10.5g \n',Gmg)
fprintf('Margin Penguatan (dB)           = %10.5g
\n',mag2db(Gmg))
fprintf('Margin Fasa                      = %10.5g \n',Pmg)

```

```

fprintf('Frekuensi Margin Penguatan      = %10.5g \n',Wmgm)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa           = %10.5g \n',Wpmg)
%
% Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dalam Domain Frekuensi
fprintf('\n')
disp('Performansi Lingkar Tertutup Dalam Domain Frekuensi
Tanpa Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)')
[gpeak,fpeak] = getPeakGain(sys_cl);
bw = bandwidth(sys_cl);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik)          = %10.5g
\n',bw)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi         = %10.5g
\n',gpeak)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB)     = %10.5g
\n',mag2db(gpeak))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) = %10.5g
\n',fpeak)
%
disp('Performansi Lingkar Tertutup Dalam Domain Frekuensi
Dengan Pengendali Proporsional Integral Diferensial
(PID)')
[gpeak_g,fpeak_g] = getPeakGain(sys_cl_p);
bw_g = bandwidth(sys_cl_p);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik)          = %10.5g
\n',bw_g)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi         = %10.5g
\n',gpeak_g)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB)     = %10.5g
\n',mag2db(gpeak_g))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) = %10.5g
\n',fpeak_g)
%
% Kestabilan Sistem Buck - Boost Converter Dengan Persamaan
% Karakteristik
fprintf('\n')
disp('Akar - Akar Persamaan Karakteristik Sistem Buck -
Boost Converter Tanpa Pengendali Proporsional Integral
Diferensial (PID)')
damp(sys_cl)
disp('Akar - Akar Persamaan Karakteristik Sistem Buck -
Boost Converter Dengan Pengendali Proporsional Integral
Diferensial (PID)')
damp(sys_cl_p)

```

```

%
% Kestabilan Sistem Buck - Boost Converter Dengan Kriteria
% Nyquist
fprintf('\n')
figure
subplot(211)
disp('Batas Kestabilan Tanpa Pengendali Proporsional
Integral Diferensial (PID)')
newnyq(num_ol,den_ol)
grid on
subplot(212)
disp('Batas Kestabilan Dengan Pengendali Proporsional
Integral Diferensial (PID)')
newnyq(numopen,denopen)
grid on
% Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter
fprintf('\n')
disp('Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter Tanpa
Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)')
T = sys_cl;
S = 1 - T;
Ms = norm((1 - sys_cl),inf,1e-4);
Mt = norm(sys_cl,inf,1e-4);
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas           =
%10.5g \n',Ms)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer
= %10.5g \n',Mt)
%
% Penentuan Nilai Margin Penguatan dan Margin Fasa
Gm_s = Ms/ (Ms - 1);
Pm_s = 2*asind(1/(2*Ms));
fprintf('Nilai Margin Penguatan                       =
%10.5g \n',Gm_s)
fprintf('Nilai Margin Penguatan (dB)                   =
%10.5g \n',mag2db(Gm_s))
fprintf('Nilai Margin Fasa                             =
%10.5g \n',Pm_s)
%
disp('Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter Dengan
Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)')
T_p = sys_cl_p;
S_p = 1 - T_p;
Ms_p = norm((1 - sys_cl_p),inf,1e-4);
Mt_p = norm(sys_cl_p,inf,1e-4);

```

```

fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas           =
%10.5g \n',Ms_p)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer
= %10.5g \n',Mt_p)
%
% Penentuan Nilai Margin Penguatan dan Margin Fasa
Gm_p = Ms_p/ (Ms_p - 1);
Pm_p = 2*asind(1/(2*Ms_p));
fprintf('Nilai Margin Penguatan                       =
%10.5g \n',Gm_p)
fprintf('Nilai Margin Penguatan (dB)                  =
%10.5g \n',mag2db(Gm_p))
fprintf('Nilai Margin Fasa                            =
%10.5g \n',Pm_p)
%
% Tanggapan Terhadap Masukan Undak Satuan Tanpa dan Dengan
Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)
figure
t = 0.0 : 0.01 : 25.000;
step(sys_cl,'-',sys_cl_p,'--',t);
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional Integral
Diferensial (PID)', 'Dengan Pengendali Proporsional
Integral Diferensial (PID)');
ylabel('Tegangan')
xlabel('Waktu')
grid on
title('Tanggapan Tegangan Sistem Buck Boost Konverter')
%
% Diagram Bode Tanpa dan Dengan Pengendali Proporsional
Integral Diferensial (PID)
figure
margin(sys_ol)
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional Integral
Diferensial (PID)');
grid on
figure
margin(sys_ol_p)
hleg = legend('Dengan Pengendali Proporsional Integral
Diferensial (PID)');
grid on
%
% Diagram Magnitude Bode Tanpa dan Dengan Pengendali
Proporsional Integral Diferensial (PID)
figure

```

```

bodemag(sys_cl)
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional Integral
Diferensial (PID)');
grid on
figure
bodemag(sys_cl_p)
hleg = legend('Dengan Pengendali Proporsional Integral
Diferensial (PID)');
grid on
%
% Tanggapan Fungsi Sensitivitas dan Fungsi Sensitivitas
Komplementer
loops = loopsens(tf(num_ol,den_ol),1);
loops_p = loopsens(tf(numopen,denopen),1);
bode(loops.Si,loops_p.Si,loops.Ti,loops_p.Ti)
grid on

```

## 1.7 Kode - Kode Matlab Untuk Fungsi - Fungsi Pengendali

Bagian ini menjelaskan kode - kode fungsi Matlab untuk pengendali Proporsional (P), pengendali Proporsional Integral (PI), pengendali Proporsional Diferensial (PD) dan pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID).

### 1.7.1 Kode - Kode Matlab Untuk Fungsi Pengendali Proporsional (P)

Kode Matlab untuk fungsi pengendali Proporsional (P) sebagai berikut.

```

function [numopen,denopen,denc1] = Pengendali_P_
RF(num,den)
r=abs(roots(den));
i=find(r>0); rp=r(i);
rmx=max(rp); rmn=min(rp); wst=0.1*round(rmn);
wf=20*round(rmx);;dw=wf/800;
w=wst:dw:wf;
[mag,phase]=bode(num,den,w);
[Gm, Pm, wpc, wgc]=margin(mag, phase, w);
fprintf('\n')
Kp=input('Konstanta Kp -> ');
numopen=Kp*num; denopen=den;
[magp,phasep]=bode(numopen,denopen,w);
fprintf('\n')
%
m=length(num); n=length(den);

```

```

if n > m
o=zeros(1,n-m); mk=[o,1]; num1=conv(num,mk);
else, num1=num; end
numopen=conv(Kp,num1);
dencl=denopen+numopen;

```

## 1.7.2 Kode – Kode Matlab Untuk Fungsi Pengendali Proporsional Integral (PI)

Kode Matlab untuk fungsi pengendali Proporsional Integral (PI) sebagai berikut.

```

function [numopen,denopen,dencl]= Pengendali_PI_
RF(num,den)
r=abs(roots(den));
i=find(r>0); rp=r(i);
rmx=max(rp); rmn=min(rp); wst=0.1*round(rmn);
wf=20*round(rmx);;dw=wf/800;
w=wst:dw:wf;
%
pm=input('Nilai Phase Margin Diinginkan -> ');
[mag, phase] = bode(num, den, w);
phase=180/pi*unwrap(phase*pi/180);
%
if phase(1) > (-180+pm)
    i = find(phase < (-180 + pm));
else
    i = find(phase > (-180 + pm));
end
if length(i)==0
    disp('Phase does not cross (-180 + P.M.). ');
return, else
    i2=i(1); i1 = i2 -1;
    if i1==0 wpm=w(i2); else
        wa = w(i1); wb = w(i2); p1 = phase(i1); p2 =
phase(i2);
        wpm = wa + (-180+pm - p1)/(p2-p1)*(wb-wa);
    end
end
w1= wpm;
[M,ph]=bode(num, den, w1);
thta=-180 + pm - ph;
thtar=thta*pi/180;
stab=0;

```



```

wmx=10*w1; dw1=wmx/100;
wmn=w1/10; dw2=w1/10;
while -(sin(thtar)*w1)/M < 0 | cos(thtar) < 0 & w1 >
wmn
    w1=w1-dw2;
    [M,ph]=bode(num, den, w1);
    thta=-180 + pm - ph;
    thtar=thta*pi/180;
end
wlmx=w1;
while -(sin(thtar)*w1)/M > 0 & cos(thtar) > 0 & w1 >
wmn
    stab=stab+1;
    w1=w1-dw2;
    [M,ph]=bode(num, den, w1);
    thta=-180 + pm - ph;
    thtar=thta*pi/180;
end
wlmn=w1;
if stab==0
    fprintf('Pengendali Tidak Stabil.\n'),
    return
else
    fprintf('Agar Pengendali Stabil Nilai Gain Crossover\n
    ')
    fprintf('Nilai Frekuensi wgc Harus Berada Antara
    %7.3g', wlmn), fprintf(' dan %7.3g\n', wlmx)
end
%
w1=input('Nilai wgc -> ');
[M,ph]=bode(num, den, w1);
thta=-180 + pm - ph;
thtar=thta*pi/180;
Kp= cos(thtar)/M;
KI=- (sin(thtar)*w1)/M;
%
fprintf('\n')
fprintf('Fungsi Alih Pengendali\n')
fprintf('      Gc = %g', Kp), fprintf(' + %g', KI),
fprintf('/s \n\n')
%
m=length(num); n=length(den);
if n > m
o=zeros(1, n-m); mk=[o, 1]; num1=conv(num, mk);

```

```

else, num1=num; end
numgc=[Kp,KI]; numopen=conv(numgc,num1);
P0=0;
dengc=[1,P0]; denopen=conv(dengc,den);
dencl=denopen+numopen;

```

### 1.7.3 Kode – Kode Matlab Untuk Fungsi Pengendali Proporsional Diferensial (PD)

Kode Matlab untuk fungsi pengendali Proporsional Diferensial (PD) sebagai berikut.

```

function [numopen, denopen, dencl] = Pengendali_PD_
RF(num,den)
r=abs(roots(den));
i=find(r>0); rp=r(i);
rmx=max(rp); rmn=min(rp); wst=0.1*round(rmn);
wf=20*round(rmx); dw=wf/800;
w=wst:dw:wf;
%
pm=input('Nilai Phase Margin Diinginkan -> ');
[mag, phase] = bode(num, den, w);
phase=180/pi*unwrap(phase*pi/180);

if phase(1) > (-180+pm)
    i = find(phase < (-180 + pm));
else
    i = find(phase > (-180 + pm));
end
if length(i)==0
    disp('Phase does not cross (-180 + P.M.). ');
return, else
    i2=i(1); i1 = i2 -1;
    if i1 ==0 wpm=w(i2); else
        wa = w(i1); wb = w(i2); p1 = phase(i1); p2 =
phase(i2);
        wpm = wa + (-180+pm - p1)/(p2-p1)*(wb-wa);
    end
end
w1=wpm;
[M,ph]=bode(num, den, w1);
thta=-180 + pm - ph;
thtar=thta*pi/180;
%

```

```

stab=0;
wmx=10*w1; dw1=wmx/100;
while sin(thtar)/(M*w1) < 0 | cos(thtar) < 0 & w1 < wmx
    w1=w1+dw1;
    [M,ph]=bode(num, den, w1);
    thta=-180 + pm - ph;
    thtar=thta*pi/180;
end
wlmn=w1;
%
[M,ph]=bode(num, den, w1);
thta=-180 + pm - ph;
thtar=thta*pi/180;

while sin(thtar)/(M*w1) > 0 & cos(thtar) > 0 & w1 < wmx
    stab=stab+1;
    w1=w1+dw1;
    [M,ph]=bode(num, den, w1);
    thta=-180 + pm - ph;
    thtar=thta*pi/180;
end
wlmx=w1-dw1;
if stab==0
    fprintf('Pengendali Tidak Stabil.\n'),
    return
else
    fprintf('Agar Pengendali Stabil Nilai Gain Crossover\n
    ')
    fprintf('Nilai Frekuensi wgc Harus Berada Antara
    %7.3g',wlmn),fprintf(' dan %7.3g\n',wlmx)
end
%
w1=input('Nilai wgc -> ');
[M,ph]=bode(num, den, w1);
thta=-180 + pm - ph;
thtar=thta*pi/180;
Kp= cos(thtar)/M;
KD=sin(thtar)/(w1*M);
%
fprintf('\n')
fprintf('Fungsi Alih Pengendali\n')
fprintf('      Gc = %g',Kp),fprintf(' + %g',KD),
fprintf('s \n\n')
%
```

```

m=length(num); n=length(den);
if n > m
o=zeros(1,n-m); mk=[o,1]; num1=conv(num,mk);
else, num1=num; end
numgc=[KD,Kp]; numopen=conv(numgc,num1);
dengc=[0,1]; denopen=conv(dengc,den);
dencl=denopen+numopen;

```

### 1.7.4 Kode – Kode Matlab Untuk Fungsi Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)

Kode Matlab untuk fungsi pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID) sebagai berikut.

```

function [numopen,denopen,dencl]= Pengendali_PID_
RF(num,den)
r=abs(roots(den));
i=find(r>0); rp=r(i);
rmx=max(rp); rmn=min(rp); wst=0.1*round(rmn);
wf=20*round(rmx); ;dw=wf/800;
w=wst:dw:wf;
%
KI=input('Nilai Konstanta KI -> ');
pm=input('Nilai Phase Margin Diinginkan -> ');
%
[mag, phase] = bode(num, den, w);
phase=180/pi*unwrap(phase*pi/180);
%
if phase(1) > (-180+pm)
    i = find(phase < (-180 + pm));
else
    i = find(phase > (-180 + pm));
end
if length(i)==0
    disp('Phase does not cross (-180 + P.M).')
return, else
    i2=i(1); i1 = i2 -1;
    if i1 ==0 wpm=w(i2); else
        wa = w(i1); wb = w(i2); p1 = phase(i1); p2 =
phase(i2);
        wpm = wa + (-180+pm - p1)/(p2-p1)*(wb-wa);
    end
end
w1= wpm;

```

```

%
[M,ph]=bode(num, den, w1);
thta=-180 + pm - ph;
thtar=thta*pi/180;
wmx=round(10*w1); dw1=wmx/100;
wmn=w1/10; dw2=w1/10;
stab=0;
while sin(thtar)/(M*w1) +KI/(w1^2) < 0 | cos(thtar) < 0
& w1 < wmx
    w1=w1+dw1;
    [M,ph]=bode(num, den, w1);
    thta=-180 + pm - ph;
    thtar=thta*pi/180;
end
wmp=w1;
%
while sin(thtar)/(M*w1)+KI/(w1^2) > 0 & cos(thtar) > 0
& w1>wmn
    stab=stab+1;
    w1=w1-dw2;
    [M,ph]=bode(num, den, w1);
    thta=-180 + pm - ph;
    thtar=thta*pi/180;
end
wlmn=w1+dw2;
w1=wmp;
[M,ph]=bode(num, den, w1);
thta=-180 + pm - ph;
thtar=thta*pi/180;
while sin(thtar)/(M*w1)+KI/(w1^2) >0 & cos(thtar) > 0 &
w1 <wmx
    stab=stab+1;
    w1=w1+dw1;
    [M,ph]=bode(num, den, w1);
    thta=-180 + pm - ph;
    thtar=thta*pi/180;
end
%
wlmx=w1- dw1;
if stab==0
    fprintf('Pengendali Tidak Stabil.\n'),
    return
else
    fprintf('Agar Pengendali Stabil Nilai Gain Crossover\n

```

```

`)
    fprintf('Nilai Frekuensi wgc Harus Berada Antara
%7.3g',wlmn),fprintf(' dan %7.3g\n',wlmx)
end
%
w1=input('Nilai wgc -> ');
[M,ph]=bode(num, den, w1);
thta=-180 + pm - ph;
thtar=thta*pi/180;
Kp= cos(thtar)/M;
KD=KI/(w1^2) + sin(thtar)/(M*w1);
%
fprintf('\n')
fprintf('Fungsi Alih Pengendali\n')
fprintf('      Gc = %g',Kp),fprintf(' +
%g',KI),fprintf('/s + '),
fprintf('%g',KD),fprintf('s \n\n')
%
m=length(num); n=length(den);
if n > m
o=zeros(1,n-m); mk=[o,1]; num1=conv(num,mk);
else, num1=num; end
numgc=[KD,Kp,KI]; numopen=conv(numgc,num1);
dengc=[0, 1, 0]; denopen=conv(dengc, den);
dencl=denopen+numopen;
numopen=numopen(n-m+1:length(numopen));
denopen =denopen(2:length(denopen));
dencl=dencl(2:length(dencl));

```



## **BAB 2**

# **PROGRAM MATLAB UNTUK PEMODELAN DAN ANALISA SISTEM KENDALI BUCK BOOST CONVERTER DENGAN KOMPENSATOR (TANGGAPAN FREKUENSI)**

### **2.1 Pendahuluan**

Bagian ini menjelaskan kode – kode Matlab yang digunakan untuk pemodelan dan analisa sistem kendali Buck Boost Converter dengan menggunakan kompensator dengan pendekatan tanggapan frekuensi. Kompensator yang digunakan meliputi kompensator ketinggalan dan kompensator mendahului. Untuk analisa kendali yang dilakukan terdiri dari analisa kesalahan, analisa peralihan, analisa domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran terbuka, analisa domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran tertutup, analisa kestabilan dan analisa kekokohan.

Untuk analisa kesalahan ini ditunjukkan oleh tipe sistem, konstanta kesalahan posisi, konstanta kesalahan kecepatan, konstanta kesalahan percepatan, kesalahan keadaan mantap untuk masukan undak satuan, kesalahan keadaan mantap untuk masukan laju satuan dan kesalahan keadaan mantap untuk masukan parabolik. Untuk analisa peralihan diperoleh dari tanggapan tegangan peralihan fungsi alih lingkaran tertutup terhadap masukan undak satuan. Untuk analisa peralihan tanggapan tegangan sistem Buck Boost Converter terhadap masukan undak satuan ditunjukkan oleh waktu naik, waktu puncak, nilai puncak, lewatan maksimum dan waktu keadaan mantap.

Analisa domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran terbuka ditunjukkan oleh margin penguatan, frekuensi margin penguatan, margin fasa dan frekuensi margin fasa dan nilai – nilai tersebut diperoleh dari diagram Bode. Untuk analisa domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran tertutup ditunjukkan oleh lebar pita, nilai puncak resonansi dan frekuensi puncak resonansi dan ketiga nilai tersebut diperoleh dari diagram Magnitude Bode.



Untuk analisa kestabilan dilakukan dengan menggunakan metoda akar – akar persamaan karakteristik dan kriteria Nyquist. Tanggapan tegangan sistem Buck Boost Converter akan bersifat stabil jika akar – akar dari persamaan karakteristik dari fungsi alih lingkaran tertutup mempunyai bagian nyata yang bernilai negatif. Kriteria kestabilan Nyquist pada tanggapan tegangan sistem Buck Boost Converter adalah kriteria kestabilan yang merelasikan tanggapan frekuensi lingkaran terbuka  $G(j\omega)H(j\omega)$  dengan banyaknya pole dan zero dari  $1 + G(j\omega)H(j\omega)$  yang terletak di sebelah kanan sumbu khayal bidang s.

Pembahasan terakhir yang dilakukan adalah analisa kekokohan tanggapan tegangan sistem Buck Boost Converter terhadap gangguan, peredaman derau terhadap frekuensi tinggi dan mempunyai tanggapan yang cepat terhadap masukan tertentu. Untuk Analisa kekokohan dilakukan dengan menggunakan kriteria puncak maksimum. Kriteria puncak maksimum ini terdiri dari nilai puncak maksimum sensitivitas dan nilai puncak maksimum sensitivitas komplementer.

## 2.2 Sistem Buck Boost Converter

Kode Matlab untuk analisa kendali sistem Buck Boost Converter sebagai berikut.

```
clc
clear all
close all
close all hidden
%
% Buck - Boost Converter
%
V1 = 40.0000;
L = 250.0000 * 10^(-6);
C = 60.0000 * 10^(-6);
R = 10.0000;
f = 20000.0000;
k = 0.6000;
M = 1/(1 - k);
V2 = k*V1/(1 - k);
Vc = V2;
I1 = 9.0000;
I2 = 6.0000;
```

```

IL = 15.0000;
T = 1/f;
%
PE = V1*I1*T;
Po = V2*I2;
Pin = V1*I1;
WC = 0.5000 * C * (Vc^2);
WL = 0.5000 * L * (IL^2);
SE = WL + WC;
CIR = WC/WL;
EF = SE/PE;
eff = Po/Pin;
tau1 = ((2*T)*EF)/(1 + CIR);
tau2 = (1 + (CIR*((1.0000 - eff)/eff)));
tau = tau1 * tau2;
td1 = ((2*T)*EF)/(1 + CIR);
td2 = CIR/(eff + CIR*(1-eff));
td = td1 * td2;
rasio = td/tau;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
\')
num_ol = [0.0000 0.0000 M];
den_ol = [tau*td tau 1.0000];
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
\')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Informasi Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter
fprintf('\n')
disp ('Nilai Kesalahan Buck - Boost Converter ')
ErrorTF(num_ol,den_ol)
%
% Informasi Analisa Peralihan Buck - Boost Converter
fprintf('\n')
disp ('Tangapan Peralihan Buck - Boost Converter ')
t = 0:0.01:20.00;
[y,x,t] = step(sys_cl);
Pl = stepinfo(sys_cl)

```

```

%
% Informasi Analisa Frekuensi Buck - Boost Converter Untuk
Fungsi Alih Lingkar Terbuka
fprintf('\n')
disp('Informasi Analisa Frekuensi Buck - Boost Converter
Untuk Fungsi Alih Lingkar Terbuka ')
[Gm,Pm,Wgm,Wpm] = margin(sys_ol);
fprintf('Margin Penguatan           = %10.5g \n',Gm)
fprintf('Margin Penguatan (dB)       = %10.5g
\n',mag2db(Gm))
fprintf('Margin Fasa                 = %10.5g \n',Pm)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan    = %10.5g \n',Wgm)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa         = %10.5g \n',Wpm)
%
% Informasi Analisa Frekuensi Buck - Boost Converter Untuk
Fungsi Alih Lingkar Tertutup
fprintf('\n')
disp('Informasi Analisa Frekuensi Buck - Boost Converter
Untuk Fungsi Alih Lingkar Tertutup')
[gpeak,fpeak] = getPeakGain(sys_cl);
bw = bandwidth(sys_cl);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik)         = %10.5g
\n',bw)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi         = %10.5g
\n',gpeak)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB)     = %10.5g
\n',mag2db(gpeak))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) = %10.5g
\n',fpeak)
%
% Informasi Analisa Kestabilan Buck - Boost Converter
Dengan Persamaan Karakteristik
fprintf('\n')
disp('Akar - Akar Persamaan Karakteristik')
damp(sys_cl)
%
% Kestabilan Sistem Buck Boost Converter Dengan Kriteria
% Nyquist
fprintf('\n')
figure
newnyq(num_ol,den_ol)
grid on
%
% Informasi Analisa Kekokohan

```

```

fprintf('\n')
disp('Kekokohan Buck - Boost Converter')
T = sys_cl;
S = 1 - T;
Ms = norm((1 - sys_cl),inf,1e-4);
Mt = norm(sys_cl,inf,1e-4);
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas           =
%10.5g \n',Ms)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer
= %10.5g \n',Mt)
%
% Penentuan Nilai Margin Penguatan dan Margin Fasa
Gm_s = Ms/ (Ms - 1);
Pm_s = 2*asind(1/(2*Ms));
fprintf('Nilai Margin Penguatan                       =
%10.5g \n',Gm_s)
fprintf('Nilai Margin Penguatan (dB)                 =
%10.5g \n',mag2db(Gm_s))
fprintf('Nilai Margin Fasa                           =
%10.5g \n',Pm_s)
%
% Tanggapan Peralihan Buck - Boost Converter Untuk Fungsi
Alih Lingkar Tertutup Terhadap Masukan Undak Satuan
figure
step(sys_cl);
ylabel('Nilai V2')
xlabel('Waktu')
grid on
title('Tanggapan Peralihan Buck - Boost Converter')
%
% Diagram Bode Buck - Boost Converter
figure
bode(sys_ol);
grid on
%
% Diagram Magnitude Bode Buck - Boost Converter
figure
bodemag(sys_cl,t);
grid on
%
% Akar - Akar Persamaan Karakteristik Buck - Boost Converter
figure
pzmap(sys_cl);
grid on

```

```

%
% Tanggapan Fungsi Sensitivitas dan Fungsi Sensitivitas
Komplementer Buck - Boost Converter
figure
loops = loopsens(tf(num_ol,den_ol),1);
bode(loops.Si,loops.Ti)
grid on

```

### 2.3 Sistem Buck Boost Converter Dengan Kompensator Ketinggalan

Kode Matlab untuk analisa kendali sistem Buck Boost Converter dengan kompensator ketinggalan sebagai berikut.

```

clc
clear all
close all
close all hidden
%
% Buck - Boost Converter
%
V1 = 40.0000;
L = 250.0000 * 10^(-6);
C = 60.0000 * 10^(-6);
R = 10.0000;
f = 20000.0000;
k = 0.6000;
M = 1/(1 - k);
V2 = k*V1/(1 - k);
Vc = V2;
I1 = 9.0000;
I2 = 6.0000;
IL = 15.0000;
T = 1/f;
%
PE = V1*I1*T;
Po = V2*I2;
Pin = V1*I1;
WC = 0.5000 * C * (Vc^2);
WL = 0.5000 * L * (IL^2);
SE = WL + WC;
CIR = WC/WL;
EF = SE/PE;
eff = Po/Pin;

```

```

tau1 = ((2*T)*EF)/(1 + CIR);
tau2 = (1 + (CIR*((1.0000 - eff)/eff)));
tau = tau1 * tau2;
td1 = ((2*T)*EF)/(1 + CIR);
td2 = CIR/(eff + CIR*(1-eff));
td = td1 * td2;
rasio = td/tau;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
\')
num_ol = [0.0000 0.0000 M];
den_ol = [tau*td tau 1.0000];
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
\')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Perancangan Pengendali Kompensator Lag Untuk Sistem Buck
- Boost Converter
[numopen,denopen,dencl]= Kompensator_Lag_RF(num_ol,den_
ol);
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
Dengan Kompensator Ketinggalan
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
Dengan Kompensator Ketinggalan')
sys_ol_p = tf(numopen,denopen)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dengan Kompensator Ketinggalan
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dengan Kompensator Ketinggalan')
sys_cl_p = tf(numopen,dencl)
%
% Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter
fprintf('\n')
disp ('Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter Tanpa
Kompensator Ketinggalan \')
e1 = abs(1-dcgain(sys_cl))
disp ('Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter Dengan

```

```

Kompensator Ketinggalan \)
e2 = abs(1-dcgain(sys_cl_p))
%
% Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dalam Domain Waktu
fprintf('\n')
disp('Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Tanpa Kompensator Lag')
t = 0:0.01:20.00;
[y,x,t] = step(sys_cl);
P1 = stepinfo(sys_cl)
%
disp('Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dengan Kompensator Ketinggalan')
[yg,xg,t] = step(sys_cl_p);
Pg = stepinfo(sys_cl_p)
%
% Performansi Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter Dalam
Domain Frekuensi
fprintf('\n')
disp('Performansi Lingkar Terbuka Dalam Domain Frekuensi
Tanpa Kompensator Ketinggalan')
[Gm,Pm,Wgm,Wpm] = margin(sys_ol);
fprintf('Margin Penguatan = %10.5g \n',Gm)
fprintf('Margin Penguatan (dB) = %10.5g
\n',mag2db(Gm))
fprintf('Margin Fasa = %10.5g \n',Pm)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan = %10.5g \n',Wgm)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa = %10.5g \n',Wpm)
%
disp('Performansi Lingkar Terbuka Dalam Domain Frekuensi
Dengan Kompensator Ketinggalan')
[Gmg,Pmg,Wmg,Wpmg] = margin(sys_ol_p);
fprintf('Margin Penguatan = %10.5g \n',Gmg)
fprintf('Margin Penguatan (dB) = %10.5g
\n',mag2db(Gmg))
fprintf('Margin Fasa = %10.5g \n',Pmg)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan = %10.5g \n',Wmg)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa = %10.5g \n',Wpmg)
%
% Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dalam Domain Frekuensi
fprintf('\n')
disp('Performansi Lingkar Tertutup Dalam Domain Frekuensi

```

```

Tanpa Kompensator Ketinggalan')
[gpeak,fpeak] = getPeakGain(sys_cl);
bw = bandwidth(sys_cl);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik) = %10.5g
\n',bw)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi = %10.5g
\n',gpeak)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB) = %10.5g
\n',mag2db(gpeak))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) = %10.5g
\n',fpeak)
%
disp('Performansi Lingkaran Tertutup Dalam Domain Frekuensi
Dengan Kompensator Ketinggalan')
[gpeak_g,fpeak_g] = getPeakGain(sys_cl_p);
bw_g = bandwidth(sys_cl_p);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik) = %10.5g
\n',bw_g)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi = %10.5g
\n',gpeak_g)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB) = %10.5g
\n',mag2db(gpeak_g))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) = %10.5g
\n',fpeak_g)
%
% Kestabilan Sistem Buck - Boost Converter Dengan Persamaan
Karakteristik
% Karakteristik
fprintf('\n')
disp('Akar - Akar Persamaan Karakteristik Sistem Buck -
Boost Converter Tanpa Kompensator Ketinggalan')
damp(sys_cl)
disp('Akar - Akar Persamaan Karakteristik Sistem Buck -
Boost Converter Dengan Kompensator Ketinggalan')
damp(sys_cl_p)
%
% Kestabilan Sistem Buck - Boost Converter Dengan Kriteria
% Nyquist
fprintf('\n')
figure
subplot(211)
disp('Batas Kestabilan Tanpa Kompensator Ketinggalan')
newnyq(num_ol,den_ol)
grid on

```



```

subplot(212)
disp('Batas Kestabilan Dengan Kompensator Ketinggalan')
newnyq(numopen,denopen)
grid on
%
% Kekokohan Sistem Buck Boost Converter
fprintf('\n')
disp('Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter Tanpa
Kompensator Ketinggalan')
T = sys_cl;
S = 1 - T;
Ms = norm((1 - sys_cl),inf,1e-4);
Mt = norm(sys_cl,inf,1e-4);
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas           =
%10.5g \n',Ms)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer
= %10.5g \n',Mt)
%
% Penentuan Nilai Margin Penguatan dan Margin Fasa
Gm_s = Ms/ (Ms - 1);
Pm_s = 2*asind(1/(2*Ms));
fprintf('Nilai Margin Penguatan                       =
%10.5g \n',Gm_s)
fprintf('Nilai Margin Penguatan (dB)                   =
%10.5g \n',mag2db(Gm_s))
fprintf('Nilai Margin Fasa                             =
%10.5g \n',Pm_s)
%
disp('Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter Dengan
Kompensator Ketinggalan')
T_p = sys_cl_p;
S_p = 1 - T_p;
Ms_p = norm((1 - sys_cl_p),inf,1e-4);
Mt_p = norm(sys_cl_p,inf,1e-4);
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas           =
%10.5g \n',Ms_p)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer
= %10.5g \n',Mt_p)
%
% Penentuan Nilai Margin Penguatan dan Margin Fasa
Gm_p = Ms_p/ (Ms_p - 1);
Pm_p = 2*asind(1/(2*Ms_p));
fprintf('Nilai Margin Penguatan                       =
%10.5g \n',Gm_p)

```

```

fprintf('Nilai Margin Penguatan (dB)           =
%10.5g \n',mag2db(Gm_p))
fprintf('Nilai Margin Fasa                     =
%10.5g \n',Pm_p)
%
% Tanggapan Terhadap Masukan Undak Satuan Tanpa dan Dengan
Kompensator Ketinggalan
figure
t = 0.0 : 0.01 : 25.000;
step(sys_cl,'-',sys_cl_p,'--',t);
hleg = legend('Tanpa Kompensator Ketinggalan','Dengan
Kompensator Ketinggalan');
ylabel('Tegangan')
xlabel('Waktu')
grid on
title('Tanggapan Tegangan Sistem Buck Boost Converter')
%
% Diagram Bode Tanpa dan Dengan Kompensator Ketinggalan
figure
margin(sys_ol)
hleg = legend('Tanpa Kompensator Ketinggalan');
grid on
figure
margin(sys_ol_p)
hleg = legend('Dengan Kompensator Ketinggalan');
grid on
%
% Diagram Magnitude Bode Tanpa dan Dengan Kompensator
Ketinggalan
figure
bodemag(sys_cl)
hleg = legend('Tanpa Kompensator Ketinggalan');
grid on
figure
bodemag(sys_cl_p)
hleg = legend('Dengan Kompensator Ketinggalan');
grid on
%
% Tanggapan Fungsi Sensitivitas dan Fungsi Sensitivitas
Komplementer
loops = loopsens(tf(num_ol,den_ol),1);
loops_p = loopsens(tf(numopen,denopen),1);
bode(loops.Si,loops_p.Si,loops.Ti,loops_p.Ti)
grid on

```

## 2.4 Sistem Buck Boost Converter Dengan Kompensator Mendahului

Kode Matlab untuk analisa kendali sistem Buck Boost Converter dengan kompensator mendahului sebagai berikut.

```
clc
clear all
close all
close all hidden
%
% Buck - Boost Converter
%
V1 = 40.0000;
L = 250.0000 * 10^(-6);
C = 60.0000 * 10^(-6);
R = 10.0000;
f = 20000.0000;
k = 0.6000;
M = 1/(1 - k);
V2 = k*V1/(1 - k);
Vc = V2;
I1 = 9.0000;
I2 = 6.0000;
IL = 15.0000;
T = 1/f;
%
PE = V1*I1*T;
Po = V2*I2;
Pin = V1*I1;
WC = 0.5000 * C * (Vc^2);
WL = 0.5000 * L * (IL^2);
SE = WL + WC;
CIR = WC/WL;
EF = SE/PE;
eff = Po/Pin;
tau1 = ((2*T)*EF)/(1 + CIR);
tau2 = (1 + (CIR*((1.0000 - eff)/eff)));
tau = tau1 * tau2;
td1 = ((2*T)*EF)/(1 + CIR);
td2 = CIR/(eff + CIR*(1-eff));
td = td1 * td2;
rasio = td/tau;
%
```

```

% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
')
num_ol = [0.0000    0.0000    M];
den_ol = [tau*td    tau    1.0000];
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Perancangan Pengendali Kompensator Mendahului Untuk
Sistem Buck - Boost Converter
[numopen,denopen,dencl]= Kompensator_Lead_RF(num_ol,den_
ol);
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
Dengan Kompensator Mendahului
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
Dengan Kompensator Mendahului')
sys_ol_p = tf(numopen,denopen)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dengan Kompensator Mendahului
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dengan Kompensator Mendahului')
sys_cl_p = tf(numopen,dencl)
%
% Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter
fprintf('\n')
disp ('Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter Tanpa
Kompensator Mendahului')
e1 = abs(1-dcgain(sys_cl))
disp ('Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter Dengan
Kompensator Mendahului')
e2 = abs(1-dcgain(sys_cl_p))
%
% Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dalam Domain Waktu
fprintf('\n')
disp ('Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Tanpa Kompensator Mendahului')

```

```

t = 0:0.01:20.00;
[y,x,t] = step(sys_cl);
Pl = stepinfo(sys_cl)
%
disp('Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dengan Kompensator Mendahului')
[yg,xg,t] = step(sys_cl_p);
Pg = stepinfo(sys_cl_p)
%
% Performansi Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter Dalam
Domain Frekuensi
fprintf('\n')
disp('Performansi Lingkar Terbuka Dalam Domain Frekuensi
Tanpa Kompensator Mendahului')
[Gm,Pm,Wgm,Wpm] = margin(sys_ol);
fprintf('Margin Penguatan = %10.5g \n',Gm)
fprintf('Margin Penguatan (dB) = %10.5g
\n',mag2db(Gm))
fprintf('Margin Fasa = %10.5g \n',Pm)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan = %10.5g \n',Wgm)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa = %10.5g \n',Wpm)
%
disp('Performansi Lingkar Terbuka Dalam Domain Frekuensi
Dengan Kompensator Mendahului')
[Gmg,Pmg,Wmg,Wpmg] = margin(sys_ol_p);
fprintf('Margin Penguatan = %10.5g \n',Gmg)
fprintf('Margin Penguatan (dB) = %10.5g
\n',mag2db(Gmg))
fprintf('Margin Fasa = %10.5g \n',Pmg)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan = %10.5g \n',Wmg)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa = %10.5g \n',Wpmg)
%
% Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dalam Domain Frekuensi
fprintf('\n')
disp('Performansi Lingkar Tertutup Dalam Domain Frekuensi
Tanpa Kompensator Mendahului')
[gpeak,fpeak] = getPeakGain(sys_cl);
bw = bandwidth(sys_cl);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik) = %10.5g
\n',bw)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi = %10.5g
\n',gpeak)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB) = %10.5g

```

```

\n',mag2db(gpeak))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) = %10.5g
\n',fpeak)
%
disp('Performansi Lingkaran Tertutup Dalam Domain Frekuensi
Dengan Kompensator Mendahului')
[gpeak_g,fpeak_g] = getPeakGain(sys_cl_p);
bw_g = bandwidth(sys_cl_p);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik) = %10.5g
\n',bw_g)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi = %10.5g
\n',gpeak_g)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB) = %10.5g
\n',mag2db(gpeak_g))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) = %10.5g
\n',fpeak_g)
%
% Kestabilan Sistem Buck - Boost Converter Dengan Persamaan
Karakteristik
% Karakteristik
fprintf('\n')
disp('Akar - Akar Persamaan Karakteristik Sistem Buck -
Boost Converter Tanpa Kompensator Mendahului')
damp(sys_cl)
disp('Akar - Akar Persamaan Karakteristik Sistem Buck -
Boost Converter Dengan Kompensator Mendahului')
damp(sys_cl_p)
%
% Kestabilan Sistem Buck - Boost Converter Dengan Kriteria
% Nyquist
fprintf('\n')
figure
subplot(211)
disp('Batas Kestabilan Tanpa Kompensator Mendahului')
newnyq(num_ol,den_ol)
grid on
subplot(212)
disp('Batas Kestabilan Dengan Kompensator Mendahului')
newnyq(numopen,denopen)
grid on
% Kekokohan Sistem Boost Converter
fprintf('\n')
disp('Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter Tanpa
Kompensator Mendahului')

```

```

T = sys_cl;
S = 1 - T;
Ms = norm((1 - sys_cl),inf,1e-4);
Mt = norm(sys_cl,inf,1e-4);
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas           =
%10.5g \n',Ms)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer
= %10.5g \n',Mt)
%
% Penentuan Nilai Margin Penguatan dan Margin Fasa
Gm_s = Ms/ (Ms - 1);
Pm_s = 2*asind(1/(2*Ms));
fprintf('Nilai Margin Penguatan                       =
%10.5g \n',Gm_s)
fprintf('Nilai Margin Penguatan (dB)                 =
%10.5g \n',mag2db(Gm_s))
fprintf('Nilai Margin Fasa                           =
%10.5g \n',Pm_s)
%
disp('Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter Dengan
Kompensator Mendahului')
T_p = sys_cl_p;
S_p = 1 - T_p;
Ms_p = norm((1 - sys_cl_p),inf,1e-4);
Mt_p = norm(sys_cl_p,inf,1e-4);
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas           =
%10.5g \n',Ms_p)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer
= %10.5g \n',Mt_p)
%
% Penentuan Nilai Margin Penguatan dan Margin Fasa
Gm_p = Ms_p/ (Ms_p - 1);
Pm_p = 2*asind(1/(2*Ms_p));
fprintf('Nilai Margin Penguatan                       =
%10.5g \n',Gm_p)
fprintf('Nilai Margin Penguatan (dB)                 =
%10.5g \n',mag2db(Gm_p))
fprintf('Nilai Margin Fasa                           =
%10.5g \n',Pm_p)
%
% Tanggapan Terhadap Masukan Undak Satuan Tanpa dan Dengan
Kompensator Mendahului
figure
t = 0.0 : 0.01 : 25.000;

```

```

step(sys_cl,'-',sys_cl_p,'--',t);
hleg = legend('Tanpa Kompensator Mendahului','Dengan
Kompensator Mendahului');
ylabel('Tegangan')
xlabel('Waktu')
grid on
title('Tanggapan Tegangan Sistem Buck Boost Converter')
%
% Diagram Bode Tanpa dan Dengan Kompensator Mendahului
figure
margin(sys_ol)
hleg = legend('Tanpa Kompensator Mendahului');
grid on
figure
margin(sys_ol_p)
hleg = legend('Dengan Kompensator Mendahului');
grid on
%
% Diagram Magnitude Bode Tanpa dan Dengan Kompensator
Mendahului
figure
bodemag(sys_cl)
hleg = legend('Tanpa Kompensator Mendahului');
grid on
figure
bodemag(sys_cl_p)
hleg = legend('Dengan Kompensator Mendahului');
grid on
%
% Tanggapan Fungsi Sensitivitas dan Fungsi Sensitivitas
Komplementer
loops = loopsens(tf(num_ol,den_ol),1);
loops_p = loopsens(tf(numopen,denopen),1);
bode(loops.Si,loops_p.Si,loops.Ti,loops_p.Ti)
grid on

```

## 2.5 Kode - Kode Matlab Untuk Fungsi - Fungsi Kompensator

Bagian ini menjelaskan kode - kode fungsi Matlab untuk kompensator ketinggalan dan kompensator mendahului.



## 2.5.1 Kode – Kode Matlab Untuk Fungsi Kompensator Ketinggalan

Kode Matlab untuk fungsi kompensator ketinggalan sebagai berikut.

```
function [numopen,denopen,denc1]=Kompensator_Lag_
RF(num,den)
r=abs(roots(den));
i=find(r>0); rp=r(i);
rmx=max(rp); rmn=min(rp); wst=0.1*round(rmn);
wf=20*round(rmx);;dw=wf/800;
w=wst:dw:wf;
%
a0=input('Nilai DC Gain Kompensator -> ');
pm=input('Phase Margin Diinginkan -> ');
fprintf('\n')
%
[mag, phase] = bode(num, den, w);
phase=180/pi*unwrap(phase*pi/180);
if phase(1) > (-180+pm)
    i = find(phase < (-180 + pm));
else
    i = find(phase > (-180 + pm));
end
if length(i)==0
    disp('Phase does not cross (-180 + P.M.). ')
return, else
    i2=i(1); i1 = i2 -1;
    if i1==0 wpm=w(i2); else
        wa = w(i1); wb = w(i2); p1 = phase(i1); p2 =
phase(i2);
        wpm = wa + (-180+pm - p1)/(p2-p1)*(wb-wa);
    end
end
%
i=find(mag<1/a0);
if length(i)==0
    disp('Gain does not cross 1/a0. ')
return, else
    i2=i(1); i1=i2 -1;
    if i1==0 wga=w(i2); else
        wa = w(i1); wb = w(i2); m1 = mag(i1); m2 = mag(i2);
        wga =wa+(1/a0-m1)/(m2-m1)*(wb-wa);
    end
end
w1=min(wga, wpm);
```

```

[M,ph]=bode(num, den, w1);
thta=-180 + pm - ph;
thtar=thta*pi/180;
[a1,b1]=Frcntlr(num,den,w1,a0,pm);
stab=0;
wmn=w1/10; dw2=w1/10;
while a1 < 0 | b1 < 0 & w1 > wmn
    w1=w1-dw2;
    [M,ph]=bode(num, den, w1);
    thta=-180 + pm - ph;
    thtar=thta*pi/180;
    [a1,b1]=Frcntlr(num,den,w1,a0,pm);
end
wlmx=w1;
k=0;
while a1 > 0 & b1 > 0 & w1 > wmn
    k=k+1;
    stab=stab+1;
    w1=w1-dw2;
    [M,ph]=bode(num, den, w1);
    thta=-180 + pm - ph;
    thtar=thta*pi/180;
    [a1,b1]=Frcntlr(num,den,w1,a0,pm);
    if w1>wmn
        wm=sqrt(a0/a1*1/b1); wdd = w1-wm;
        wddm(k)=abs(wdd); wk(k)=w1;
    end
end
[wmin,i]=min(wddm); wcal=wk(i);
wlmn=w1;
%
if stab==0
    fprintf('Pengendali Tidak Stabil.\n'),
    return
else
    fprintf('Agar Pengendali Stabil Nilai Gain Crossover\n
\')
    fprintf('Nilai Frekuensi wgc Harus Berada Antara
%7.3g',wlmn),fprintf(' dan %7.3g\n',wlmx)
    if wcal < wmn
        fprintf('Nilai Maksimum wgc Untuk Phase Ketinggalan
adalah : %7.3g\n',wcal)
    else,end
end

```

```

w1=input('Nilai wgc -> ');
[a1,b1]=Frcntlr(num,den,w1,a0,pm);
KKc=a1/b1; Z0=a0/a1; P0=1/b1;
%
fprintf('Fungsi Alih Pengendali \n')
fprintf('    Gc(0) = %g',a0),fprintf('    Gc =
%g',KKc),fprintf('(s + %g',Z0),
fprintf(')/(s + %g',P0), fprintf('\n\n')
%
m=length(num); n=length(den);
if n > m
o=zeros(1,n-m); mk=[o,1]; num1=conv(num,mk);
else, num1=num;, end
numgc=[KKc,KKc*Z0]; numopen=conv(numgc,num1);
dengc=[1,P0]; denopen=conv(dengc,den);
dencl=denopen+numopen;

```

## 2.5.2 Kode – Kode Matlab Untuk Fungsi Kompensator Mendahului

Kode Matlab untuk fungsi kompensator mendahului sebagai berikut.

```

function [numopen,denopen,dencl]=Kompensator_Lead_
RF(num,den)
r=abs(roots(den));
i=find(r>0);
rp=r(i);
rmx=max(rp);
rmn=min(rp);
wst=0.1*round(rmn);
wf=20*round(rmx);
dw=wf/800;
w=wst:dw:wf;
%
a0=input('Nilai DC Gain Kompensator -> ');
pm=input('Phase Margin Diinginkan -> ');
%fprintf('\n')
%
[mag, phase] = bode(num, den, w);
phase=180/pi*unwrap(phase*pi/180);
%
if phase(1) > (-180+pm)
i = find(phase < (-180 + pm));
else
i = find(phase > (-180 + pm));
end

```

```

if length(i)==0
disp('Phase does not cross (-180 + P.M.). ')
return, else
i2=i(1);
i1 = i2 -1;
if i1==0 wpm=w(i2); else
wa = w(i1); wb = w(i2); p1 = phase(i1); p2 = phase(i2);
wpm = wa + (-180+pm - p1)/(p2-p1)*(wb-wa);
end
end
%
i=find(mag<1/a0);
if length(i)==0
disp('Gain does not cross 1/a0. ')
return, else
i2=i(1);
i1=i2 -1;
if i1==0 wga=w(i2); else
wa = w(i1);
wb = w(i2);
m1 = mag(i1);
m2 = mag(i2);
wga =wa+(1/a0-m1)/(m2-m1)*(wb-wa);
end
end
%
w1=max(wga, wpm);
[M,ph]=bode(num, den, w1);
thta=-180 + pm - ph;
thtar=thta*pi/180;
[a1,b1] = Frcntlr(num,den,w1,a0,pm);
%
stab=0;
wmx=10*w1; dw1=wmx/100;
while a1 < 0 | b1 < 0 & w1 < wmx
w1=w1+dw1;
[M,ph]=bode(num, den, w1);
thta=-180 + pm - ph;
thtar=thta*pi/180;
[a1,b1]= Frcntlr(num,den,w1,a0,pm);
end
wlmn=w1;
k=0;
while a1 > 0 & b1 > 0 & w1 < wmx

```

```

k=k+1;
stab=stab+1;
w1=w1+dw1;
[M,ph]=bode(num, den, w1);
thta=-180 + pm - ph;
thtar=thta*pi/180;
[a1,b1]=Frcntlr(num,den,w1,a0,pm);
if w1<wmx
wm=sqrt(a0/a1*1/b1); wdd = w1-wm;
wddm(k)=abs(wdd); wk(k)=w1;
end
end
[wmin,i]=min(wddm); wcal=wk(i);
wlmx=w1- dw1;
if stab==0
fprintf('Pengendali Tidak Stabil.\n'),
return
else
fprintf('Agar Pengendali Stabil Nilai Gain Crossover\n')
fprintf('Nilai Frekuensi wgc Harus Berada Antara
%7.3g',wlmn),fprintf(' dan %7.3g\n',wlmx)
if wcal < wmx
fprintf('Nilai Maksimum wgc Untuk Kompensator Mendahului
adalah : %7.3g\n',wcal)
else
end
end
w1=input('Nilai wgc -> ');
[a1,b1]=Frcntlr(num,den,w1,a0,pm);
KKc=a1/b1; Z0=a0/a1; P0=1/b1;
%
fprintf('Fungsi Alih Pengendali \n')
fprintf('Gc(0) = %g',a0),fprintf(',          Gc =
%g',KKc),fprintf('(s + %g',Z0),
fprintf(')/(s + %g',P0), fprintf('\n\n')
%
m=length(num); n=length(den);
if n > m
o=zeros(1,n-m); mk=[o,1]; num1=conv(num,mk);
else, num1=num; end
numgc=[KKc,KKc*Z0]; numopen=conv(numgc,num1);
dengc=[1,P0];          denopen=conv(dengc,den);
dencl=denopen+numopen;

```

# **BAB 3**

## **PROGRAM MATLAB UNTUK PEMODELAN DAN ANALISA SISTEM KENDALI BUCK BOOST CONVERTER DENGAN PENGENDALI (TEMPAT KEDUDUKAN AKAR)**

### **3.1 Pendahuluan**

Bagian ini menjelaskan kode – kode Matlab yang digunakan untuk pemodelan dan analisa sistem kendali Buck Boost Converter dengan menggunakan pengendali dengan pendekatan tempat kedudukan akar. Pengendali yang digunakan meliputi pengendali Proporsional (P), pengendali Proporsional Integral (PI), pengendali Proporsional Diferensial (PD) dan Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID). Untuk analisa kendali yang dilakukan terdiri dari analisa kesalahan, analisa peralihan, analisa domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran terbuka, analisa domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran tertutup, analisa kestabilan dan analisa kekokohan.

Untuk analisa kesalahan ini ditunjukkan oleh tipe sistem, konstanta kesalahan posisi, konstanta kesalahan kecepatan, konstanta kesalahan percepatan, kesalahan keadaan mantap untuk masukan undak satuan, kesalahan keadaan mantap untuk masukan laju satuan dan kesalahan keadaan mantap untuk masukan parabolik. Untuk analisa peralihan diperoleh dari tanggapan tegangan peralihan fungsi alih lingkaran tertutup terhadap masukan undak satuan. Untuk analisa peralihan tanggapan tegangan sistem Buck Boost Converter terhadap masukan undak satuan ditunjukkan oleh waktu naik, waktu puncak, nilai puncak, lewatan maksimum dan waktu keadaan mantap.

Analisa domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran terbuka ditunjukkan oleh margin penguatan, frekuensi margin penguatan, margin fasa dan frekuensi margin fasa dan nilai – nilai tersebut diperoleh dari diagram Bode. Untuk analisa domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran tertutup ditunjukkan oleh lebar pita, nilai puncak

resonansi dan frekuensi puncak resonansi dan ketiga nilai tersebut diperoleh dari diagram Magnitude Bode.

Untuk analisa kestabilan dilakukan dengan menggunakan metoda akar – akar persamaan karakteristik dan kriteria Nyquist. Tanggapan tegangan sistem Buck Boost Converter akan bersifat stabil jika akar – akar dari persamaan karakteristik dari fungsi alih lingkaran tertutup mempunyai bagian nyata yang bernilai negatif. Kriteria kestabilan Nyquist pada tanggapan tegangan sistem Buck Boost Converter adalah kriteria kestabilan yang merelasikan tanggapan frekuensi lingkaran terbuka  $G(j\omega)H(j\omega)$  dengan banyaknya pole dan zero dari  $1 + G(j\omega)H(j\omega)$  yang terletak di sebelah kanan sumbu khayal bidang s.

Pembahasan terakhir yang dilakukan adalah analisa kekokohan tanggapan tegangan sistem Buck Boost Converter terhadap gangguan, peredaman derau terhadap frekuensi tinggi dan mempunyai tanggapan yang cepat terhadap masukan tertentu. Untuk Analisa kekokohan dilakukan dengan menggunakan kriteria puncak maksimum. Kriteria puncak maksimum ini terdiri dari nilai puncak maksimum sensitivitas dan nilai puncak maksimum sensitivitas komplementer.

### 3.2 Sistem Buck Boost Converter

Kode Matlab untuk analisa kendali sistem Buck Boost Converter sebagai berikut.

```
clc
clear all
close all
close all hidden
%
% Buck - Boost Converter
%
V1 = 40.0000;
L = 250.0000 * 10^(-6);
C = 60.0000 * 10^(-6);
R = 10.0000;
f = 20000.0000;
k = 0.6000;
M = 1/(1 - k);
V2 = k*V1/(1 - k);
```

```

Vc = V2;
I1 = 9.0000;
I2 = 6.0000;
IL = 15.0000;
T = 1/f;
%
PE = V1*I1*T;
Po = V2*I2;
Pin = V1*I1;
WC = 0.5000 * C * (Vc^2);
WL = 0.5000 * L * (IL^2);
SE = WL + WC;
CIR = WC/WL;
EF = SE/PE;
eff = Po/Pin;
taul = ((2*T)*EF)/(1 + CIR);
tau2 = (1 + (CIR*((1.0000 - eff)/eff)));
tau = taul * tau2;
td1 = ((2*T)*EF/(1 + CIR));
td2 = CIR/(eff + CIR*(1-eff));
td = td1 * td2;
rasio = td/tau;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
\')
num_ol = [0.0000 0.0000 M];
den_ol = [tau*td tau 1.0000];
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
\')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Informasi Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter
fprintf('\n')
disp ('Nilai Kesalahan Buck - Boost Converter ')
Errorrf(num_ol,den_ol)
%
% Informasi Analisa Peralihan Buck - Boost Converter
fprintf('\n')
disp ('Tanggapan Peralihan Buck - Boost Converter ')

```



```

t = 0:0.01:20.00;
[y,x,t] = step(sys_cl);
P1 = stepinfo(sys_cl)
%
% Informasi Analisa Frekuensi Buck - Boost Converter Untuk
Fungsi Alih Lingkar Terbuka
fprintf('\n')
disp ('Informasi Analisa Frekuensi Buck - Boost Converter
Untuk Fungsi Alih Lingkar Terbuka ')
[Gm,Pm,Wgm,Wpm] = margin(sys_ol);
fprintf('Margin Penguatan                = %10.5g \n',Gm)
fprintf('Margin Penguatan (dB)            = %10.5g
\n',mag2db(Gm))
fprintf('Margin Fasa                        = %10.5g \n',Pm)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan        = %10.5g \n',Wgm)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa              = %10.5g \n',Wpm)
%
% Informasi Analisa Frekuensi Buck - Boost Converter Untuk
Fungsi Alih Lingkar Tertutup
fprintf('\n')
disp ('Informasi Analisa Frekuensi Buck - Boost Converter
Untuk Fungsi Alih Lingkar Tertutup')
[gpeak,fpeak] = getPeakGain(sys_cl);
bw = bandwidth(sys_cl);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik)              = %10.5g
\n',bw)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi                = %10.5g
\n',gpeak)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB)          = %10.5g
\n',mag2db(gpeak))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) = %10.5g
\n',fpeak)
%
% Informasi Analisa Kestabilan Buck - Boost Converter
Dengan Persamaan Karakteristik
fprintf('\n')
disp('Akar - Akar Persamaan Karakteristik')
damp(sys_cl)
%
% Kestabilan Sistem Buck Boost Converter Dengan Kriteria
% Nyquist
fprintf('\n')
figure
newnyq(num_ol,den_ol)

```

```

grid on
%
% Informasi Analisa Kekokohan
fprintf('\n')
disp('Kekokohan Buck - Boost Converter')
T = sys_cl;
S = 1 - T;
Ms = norm((1 - sys_cl),inf,1e-4);
Mt = norm(sys_cl,inf,1e-4);
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas           =
%10.5g \n',Ms)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer
= %10.5g \n',Mt)
%
% Penentuan Nilai Margin Penguatan dan Margin Fasa
Gm_s = Ms/ (Ms - 1);
Pm_s = 2*asind(1/(2*Ms));
fprintf('Nilai Margin Penguatan                       =
%10.5g \n',Gm_s)
fprintf('Nilai Margin Penguatan (dB)                  =
%10.5g \n',mag2db(Gm_s))
fprintf('Nilai Margin Fasa                             =
%10.5g \n',Pm_s)
%
% Tanggapan Peralihan Buck - Boost Converter Untuk Fungsi
Alih Lingkar Tertutup Terhadap Masukan Undak Satuan
figure
step(sys_cl);
ylabel('Nilai V2')
xlabel('Waktu')
grid on
title('Tanggapan Peralihan Buck - Boost Converter')
%
% Diagram Bode Buck - Boost Converter
figure
bode(sys_ol);
grid on
%
% Diagram Magnitude Bode Buck - Boost Converter
figure
bodemag(sys_cl,t);
grid on
%
% Akar - Akar Persamaan Karakteristik Buck - Boost Converter

```

```

figure
pzmap(sys_cl);
grid on
%
% Tanggapan Fungsi Sensitivitas dan Fungsi Sensitivitas
Komplementer Buck - Boost Converter
figure
loops = loopsens(tf(num_ol,den_ol),1);
bode(loops.Si,loops.Ti)
grid on

```

### 3.3 Sistem Buck Boost Converter Dengan Pengendali Proporsional (P)

Kode Matlab untuk analisa kendali sistem Buck Boost Converter dengan pengendali Proporsional (P) sebagai berikut.

```

clc
clear all
close all
close all hidden
%
% Buck - Boost Converter
%
V1 = 40.0000;
L = 250.0000 * 10^(-6);
C = 60.0000 * 10^(-6);
R = 10.0000;
f = 20000.0000;
k = 0.6000;
M = 1/(1 - k);
V2 = k*V1/(1 - k);
Vc = V2;
I1 = 9.0000;
I2 = 6.0000;
IL = 15.0000;
T = 1/f;
%
PE = V1*I1*T;
Po = V2*I2;
Pin = V1*I1;
WC = 0.5000 * C * (Vc^2);
WL = 0.5000 * L * (IL^2);
SE = WL + WC;

```

```

CIR = WC/WL;
EF = SE/PE;
eff = Po/Pin;
tau1 = ((2*T)*EF)/(1 + CIR);
tau2 = (1 + (CIR*((1.0000 - eff)/eff)));
tau = tau1 * tau2;
td1 = ((2*T)*EF)/(1 + CIR);
td2 = CIR/(eff + CIR*(1-eff));
td = td1 * td2;
rasio = td/tau;
s1 = -5.0000 + j*5.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
\')
num_ol = [0.0000    0.0000    M];
den_ol = [tau*td    tau    1.0000];
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
\')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional (P) Untuk Sistem
Buck - Boost Converter
[numopen,denopen,dencl]=Pengendali_P_RL(num_ol,den_
ol,s1);
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = tf(numopen,denopen)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_cl_p = tf(numopen,dencl)
%
% Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter
fprintf('\n')

```

```

disp ('Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter Tanpa
Pengendali Proporsional (P)')
e1 = abs(1-dcgain(sys_cl))
disp ('Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter Dengan
Pengendali Proporsional (P)')
e2 = abs(1-dcgain(sys_cl_p))
%
% Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dalam Domain Waktu
fprintf('\n')
disp ('Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Tanpa Pengendali Proporsional (P)')
t = 0:0.01:20.00;
[y,x,t] = step(sys_cl);
P1 = stepinfo(sys_cl)
%
disp ('Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[yg,xg,t] = step(sys_cl_p);
Pg = stepinfo(sys_cl_p)
%
% Performansi Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter Dalam
Domain Frekuensi
fprintf('\n')
disp ('Performansi Lingkar Terbuka Dalam Domain Frekuensi
Tanpa Pengendali Proporsional (P)')
[Gm,Pm,Wgm,Wpm] = margin(sys_ol);
fprintf('Margin Penguatan                = %10.5g \n',Gm)
fprintf('Margin Penguatan (dB)           = %10.5g
\n',mag2db(Gm))
fprintf('Margin Fasa                      = %10.5g \n',Pm)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan       = %10.5g \n',Wgm)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa             = %10.5g \n',Wpm)
%
disp ('Performansi Lingkar Terbuka Dalam Domain Frekuensi
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[Gmg,Pmg,Wgmg,Wpmg] = margin(sys_ol_p);
fprintf('Margin Penguatan                = %10.5g \n',Gmg)
fprintf('Margin Penguatan (dB)           = %10.5g
\n',mag2db(Gmg))
fprintf('Margin Fasa                      = %10.5g \n',Pmg)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan       = %10.5g \n',Wgmg)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa             = %10.5g \n',Wpmg)
%

```

```

% Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dalam Domain Frekuensi
fprintf('\n')
disp('Performansi Lingkar Tertutup Dalam Domain Frekuensi
Tanpa Pengendali Proporsional (P)')
[gpeak, fpeak] = getPeakGain(sys_cl);
bw = bandwidth(sys_cl);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik) = %10.5g
\n', bw)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi = %10.5g
\n', gpeak)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB) = %10.5g
\n', mag2db(gpeak))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) = %10.5g
\n', fpeak)
%
disp('Performansi Lingkar Tertutup Dalam Domain Frekuensi
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[gpeak_g, fpeak_g] = getPeakGain(sys_cl_p);
bw_g = bandwidth(sys_cl_p);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik) = %10.5g
\n', bw_g)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi = %10.5g
\n', gpeak_g)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB) = %10.5g
\n', mag2db(gpeak_g))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) = %10.5g
\n', fpeak_g)
%
% Kestabilan Sistem Buck - Boost Converter Dengan Persamaan
% Karakteristik
fprintf('\n')
disp('Akar - Akar Persamaan Karakteristik Sistem Buck -
Boost Converter Tanpa Pengendali Proporsional (P)')
damp(sys_cl)
disp('Akar - Akar Persamaan Karakteristik Sistem Buck -
Boost Converter Dengan Pengendali Proporsional (P)')
damp(sys_cl_p)
%
% Kestabilan Sistem Buck - Boost Converter Dengan Kriteria
% Nyquist
fprintf('\n')
figure
subplot(211)

```

```

disp('Batas Kestabilan Tanpa Pengendali Proporsional (P)')
newnyq(num_ol,den_ol)
grid on
subplot(212)
disp('Batas Kestabilan Dengan Pengendali Proporsional
(P)')
newnyq(numopen,denopen)
grid on
%
% Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter
fprintf('\n')
disp('Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter Tanpa
Pengendali Proporsional (P)')
T = sys_cl;
S = 1 - T;
Ms = norm((1 - sys_cl),inf,1e-4);
Mt = norm(sys_cl,inf,1e-4);
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas           =
%10.5g \n',Ms)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer
= %10.5g \n',Mt)
%
% Penentuan Nilai Margin Penguatan dan Margin Fasa
Gm_s = Ms/ (Ms - 1);
Pm_s = 2*asind(1/(2*Ms));
fprintf('Nilai Margin Penguatan                       =
%10.5g \n',Gm_s)
fprintf('Nilai Margin Penguatan (dB)                  =
%10.5g \n',mag2db(Gm_s))
fprintf('Nilai Margin Fasa                            =
%10.5g \n',Pm_s)
%
disp('Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter Dengan
Pengendali Proporsional (P)')
T_p = sys_cl_p;
S_p = 1 - T_p;
Ms_p = norm((1 - sys_cl_p),inf,1e-4);
Mt_p = norm(sys_cl_p,inf,1e-4);
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas           =
%10.5g \n',Ms_p)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer
= %10.5g \n',Mt_p)
%
% Penentuan Nilai Margin Penguatan dan Margin Fasa

```

```

Gm_p = Ms_p/ (Ms_p - 1);
Pm_p = 2*asind(1/(2*Ms_p));
fprintf('Nilai Margin Penguatan           =
%10.5g \n', Gm_p)
fprintf('Nilai Margin Penguatan (dB)      =
%10.5g \n', mag2db(Gm_p))
fprintf('Nilai Margin Fasa                =
%10.5g \n', Pm_p)
%
% Tanggapan Terhadap Masukan Undak Satuan Tanpa dan Dengan
Pengendali Proporsional (P)
figure
t = 0.0 : 0.01 : 25.000;
step(sys_cl, '-', sys_cl_p, '--', t);
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional (P)', 'Dengan
Pengendali Proporsional (P)');
ylabel('Tegangan')
xlabel('Waktu')
grid on
title('Tanggapan Tegangan Sistem Buck - Boost Konverter')
%
% Diagram Bode Tanpa dan Dengan Pengendali Proporsional
(P)
figure
margin(sys_ol)
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional (P)');
grid on
figure
margin(sys_ol_p)
hleg = legend('Dengan Pengendali Proporsional (P)');
grid on
%
% Diagram Magnitude Bode Tanpa dan Dengan Pengendali
Proporsional (P)
figure
bodemag(sys_cl)
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional (P)');
grid on
figure
bodemag(sys_cl_p)
hleg = legend('Dengan Pengendali Proporsional (P)');
grid on
%
% Tanggapan Fungsi Sensitivitas dan Fungsi Sensitivitas

```



```

Komplementer
loops = loopsens(tf(num_ol,den_ol),1);
loops_p = loopsens(tf(numopen,denopen),1);
bode(loops.Si,loops_p.Si,loops.Ti,loops_p.Ti)
grid on

```

### 3.4 Sistem Buck Boost Converter Dengan Pengendali Proporsional Integral (PI)

Kode Matlab untuk analisa kendali sistem Buck Boost Converter dengan pengendali Proporsional Integral (PI) sebagai berikut.

```

clc
clear all
close all
close all hidden
%
% Buck - Boost Converter
%
V1 = 40.0000;
L = 250.0000 * 10^(-6);
C = 60.0000 * 10^(-6);
R = 10.0000;
f = 20000.0000;
k = 0.6000;
M = 1/(1 - k);
V2 = k*V1/(1 - k);
Vc = V2;
I1 = 9.0000;
I2 = 6.0000;
IL = 15.0000;
T = 1/f;
%
PE = V1*I1*T;
Po = V2*I2;
Pin = V1*I1;
WC = 0.5000 * C * (Vc^2);
WL = 0.5000 * L * (IL^2);
SE = WL + WC;
CIR = WC/WL;
EF = SE/PE;
eff = Po/Pin;
tau1 = ((2*T)*EF)/(1 + CIR);
tau2 = (1 + (CIR*((1.0000 - eff)/eff)));

```

```

tau = tau1 * tau2;
td1 = ((2*T)*EF/(1 + CIR));
td2 = CIR/(eff + CIR*(1-eff));
td = td1 * td2;
rasio = td/tau;
s1 = -5.0000 + j*5.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
\')
num_ol = [0.0000 0.0000 M];
den_ol = [tau*td tau 1.0000];
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
\')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional Integral (PI) Untuk
Sistem Buck - Boost Converter
[numopen,denopen,dencl]=Pengendali_PI_RL(num_ol,den_
ol,s1);
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional Integral (PI)
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional Integral (PI)')
sys_ol_p = tf(numopen,denopen)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional Integral (PI)
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional Integral (PI)')
sys_cl_p = tf(numopen,dencl)
%
% Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter
fprintf('\n')
disp ('Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter Tanpa
Pengendali Proporsional Integral (PI)')
e1 = abs(1-dcgain(sys_cl))
disp ('Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter Dengan
Pengendali Proporsional Integral (PI)')

```

```

e2 = abs(1-dcgain(sys_cl_p))
%
% Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dalam Domain Waktu
fprintf('\n')
disp('Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Tanpa Pengendali Proporsional Integral (PI)')
t = 0:0.01:20.00;
[y,x,t] = step(sys_cl);
P1 = stepinfo(sys_cl)
%
disp('Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional Integral (PI)')
[yg,xg,t] = step(sys_cl_p);
Pg = stepinfo(sys_cl_p)
%
% Performansi Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter Dalam
Domain Frekuensi
fprintf('\n')
disp('Performansi Lingkar Terbuka Dalam Domain Frekuensi
Tanpa Pengendali Proporsional Integral (PI)')
[Gm,Pm,Wgm,Wpm] = margin(sys_ol);
fprintf('Margin Penguatan = %10.5g \n',Gm)
fprintf('Margin Penguatan (dB) = %10.5g
\n',mag2db(Gm))
fprintf('Margin Fasa = %10.5g \n',Pm)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan = %10.5g \n',Wgm)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa = %10.5g \n',Wpm)
%
disp('Performansi Lingkar Terbuka Dalam Domain Frekuensi
Dengan Pengendali Proporsional Integral (PI)')
[Gmg,Pmg,Wmg,Wpmg] = margin(sys_ol_p);
fprintf('Margin Penguatan = %10.5g \n',Gmg)
fprintf('Margin Penguatan (dB) = %10.5g
\n',mag2db(Gmg))
fprintf('Margin Fasa = %10.5g \n',Pmg)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan = %10.5g \n',Wmg)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa = %10.5g \n',Wpmg)
%
% Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dalam Domain Frekuensi
fprintf('\n')
disp('Performansi Lingkar Tertutup Dalam Domain Frekuensi
Tanpa Pengendali Proporsional Integral (PI)')

```

```

[gpeak,fpeak] = getPeakGain(sys_cl);
bw = bandwidth(sys_cl);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik) = %10.5g\n',bw)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi = %10.5g\n',gpeak)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB) = %10.5g\n',mag2db(gpeak))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) = %10.5g\n',fpeak)
%
disp('Performansi Lingkaran Tertutup Dalam Domain Frekuensi Dengan Pengendali Proporsional Integral (PI)')
[gpeak_g,fpeak_g] = getPeakGain(sys_cl_p);
bw_g = bandwidth(sys_cl_p);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik) = %10.5g\n',bw_g)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi = %10.5g\n',gpeak_g)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB) = %10.5g\n',mag2db(gpeak_g))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) = %10.5g\n',fpeak_g)
%
% Kestabilan Sistem Buck - Boost Converter Dengan Persamaan
% Karakteristik
fprintf('\n')
disp('Akar - Akar Persamaan Karakteristik Sistem Buck - Boost Converter Tanpa Pengendali Proporsional Integral (PI)')
damp(sys_cl)
disp('Akar - Akar Persamaan Karakteristik Sistem Buck - Boost Converter Dengan Pengendali Proporsional Integral (PI)')
damp(sys_cl_p)
%
% Kestabilan Sistem Buck - Boost Converter Dengan Kriteria
% Nyquist
fprintf('\n')
figure
subplot(211)
disp('Batas Kestabilan Tanpa Pengendali Proporsional Integral (PI)')
newnyq(num_ol,den_ol)

```

```

grid on
subplot(212)
disp('Batas Kestabilan Dengan Pengendali Proporsional
Integral (PI)')
newnyq(numopen,denopen)
grid on
%
% Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter
fprintf('\n')
disp('Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter Tanpa
Pengendali Proporsional Integral (PI)')
T = sys_cl;
S = 1 - T;
Ms = norm((1 - sys_cl),inf,1e-4);
Mt = norm(sys_cl,inf,1e-4);
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas           =
%10.5g \n',Ms)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer
= %10.5g \n',Mt)
%
% Penentuan Nilai Margin Penguatan dan Margin Fasa
Gm_s = Ms/ (Ms - 1);
Pm_s = 2*asind(1/(2*Ms));
fprintf('Nilai Margin Penguatan                       =
%10.5g \n',Gm_s)
fprintf('Nilai Margin Penguatan (dB)                  =
%10.5g \n',mag2db(Gm_s))
fprintf('Nilai Margin Fasa                            =
%10.5g \n',Pm_s)
%
disp('Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter Dengan
Pengendali Proporsional Integral (PI)')
T_p = sys_cl_p;
S_p = 1 - T_p;
Ms_p = norm((1 - sys_cl_p),inf,1e-4);
Mt_p = norm(sys_cl_p,inf,1e-4);
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas           =
%10.5g \n',Ms_p)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer
= %10.5g \n',Mt_p)
%
% Penentuan Nilai Margin Penguatan dan Margin Fasa
Gm_p = Ms_p/ (Ms_p - 1);
Pm_p = 2*asind(1/(2*Ms_p));

```

```

fprintf('Nilai Margin Penguatan           =
%10.5g \n', Gm_p)
fprintf('Nilai Margin Penguatan (dB)      =
%10.5g \n', mag2db(Gm_p))
fprintf('Nilai Margin Fasa                =
%10.5g \n', Pm_p)
%
% Tanggapan Terhadap Masukan Undak Satuan Tanpa dan Dengan
Pengendali Proporsional Integral (PI)
figure
t = 0.0 : 0.01 : 25.000;
step(sys_cl, '-', sys_cl_p, '--', t);
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional Integral
(PI)', 'Dengan Pengendali Proporsional Integral (PI)');
ylabel('Tegangan')
xlabel('Waktu')
grid on
title('Tanggapan Tegangan Sistem Buck - Boost Konverter')
%
% Diagram Bode Tanpa dan Dengan Pengendali Proporsional
Integral (PI)
figure
margin(sys_ol)
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional Integral
(PI)');
grid on
figure
margin(sys_ol_p)
hleg = legend('Dengan Pengendali Proporsional Integral
(PI)');
grid on
%
% Diagram Magnitude Bode Tanpa dan Dengan Pengendali
Proporsional Integral (PI)
figure
bodemag(sys_cl)
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional Integral
(PI)');
grid on
figure
bodemag(sys_cl_p)
hleg = legend('Dengan Pengendali Proporsional Integral
(PI)');
grid on

```

```

%
% Tanggapan Fungsi Sensitivitas dan Fungsi Sensitivitas
Komplementer
loops = loopsens(tf(num_ol,den_ol),1);
loops_p = loopsens(tf(numopen,denopen),1);
bode(loops.Si,loops_p.Si,loops.Ti,loops_p.Ti)
grid on

```

### 3.5 Sistem Buck Boost Converter Dengan Pengendali Proporsional Diferensial (PD)

Kode Matlab untuk analisa kendali sistem Buck Boost Converter dengan pengendali Proporsional Diferensial (PD) sebagai berikut.

```

clc
clear all
close all
close all hidden
%
% Buck - Boost Converter
%
V1 = 40.0000;
L = 250.0000 * 10^(-6);
C = 60.0000 * 10^(-6);
R = 10.0000;
f = 20000.0000;
k = 0.6000;
M = 1/(1 - k);
V2 = k*V1/(1 - k);
Vc = V2;
I1 = 9.0000;
I2 = 6.0000;
IL = 15.0000;
T = 1/f;
%
PE = V1*I1*T;
Po = V2*I2;
Pin = V1*I1;
WC = 0.5000 * C * (Vc^2);
WL = 0.5000 * L * (IL^2);
SE = WL + WC;
CIR = WC/WL;
EF = SE/PE;
eff = Po/Pin;

```

```

tau1 = ((2*T)*EF)/(1 + CIR);
tau2 = (1 + (CIR*((1.0000 - eff)/eff)));
tau = tau1 * tau2;
td1 = ((2*T)*EF)/(1 + CIR);
td2 = CIR/(eff + CIR*(1-eff));
td = td1 * td2;
rasio = td/tau;
s1 = -5.0000 + j*5.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
')
num_ol = [0.0000    0.0000    M];
den_ol = [tau*td    tau    1.0000];
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional Diferensial (PD)
Untuk Sistem Buck - Boost Converter
[numopen,denopen,dencl]=Pengendali_PD_RL(num_ol,den_ol,s1);
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional Diferensial (PD)
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
Dengan PengendaliProporsional Diferensial (PD)')
sys_ol_p = tf(numopen,denopen)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional Diferensial (PD)
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional Diferensial (PD)')
sys_cl_p = tf(numopen,dencl)
%
% Analisa Kesalahan Sistem Boost Converter
fprintf('\n')
disp ('Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter Tanpa
Pengendali Proporsional Diferensial (PD)')
e1 = abs(1-dcgain(sys_cl))

```



```

disp ('Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter Dengan
Pengendali Proporsional Diferensial (PD)')
e2 = abs(1-dcgain(sys_cl_p))
%
% Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dalam Domain Waktu
fprintf('\n')
disp ('Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Tanpa Pengendali Proporsional Diferensial (PD)')
t = 0:0.01:20.00;
[y,x,t] = step(sys_cl);
P1 = stepinfo(sys_cl)
%
disp ('Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional Diferensial (PD)')
[yg,xg,t] = step(sys_cl_p);
Pg = stepinfo(sys_cl_p)
%
% Performansi Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter Dalam
Domain Frekuensi
fprintf('\n')
disp ('Performansi Lingkar Terbuka Dalam Domain Frekuensi
Tanpa Pengendali Proporsional Diferensial (PD)')
[Gm,Pm,Wgm,Wpm] = margin(sys_ol);
fprintf('Margin Penguatan                = %10.5g \n',Gm)
fprintf('Margin Penguatan (dB)            = %10.5g
\n',mag2db(Gm))
fprintf('Margin Fasa                        = %10.5g \n',Pm)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan         = %10.5g \n',Wgm)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa               = %10.5g \n',Wpm)
%
disp ('Performansi Lingkar Terbuka Dalam Domain Frekuensi
Dengan Pengendali Proporsional Diferensial (PD)')
[Gmg,Pmg,Wmg,Wpmg] = margin(sys_ol_p);
fprintf('Margin Penguatan                = %10.5g \n',Gmg)
fprintf('Margin Penguatan (dB)            = %10.5g
\n',mag2db(Gmg))
fprintf('Margin Fasa                        = %10.5g \n',Pmg)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan         = %10.5g \n',Wmg)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa               = %10.5g \n',Wpmg)
%
% Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dalam Domain Frekuensi
fprintf('\n')

```

```

disp('Performansi Lingkar Tertutup Dalam Domain Frekuensi
Tanpa Pengendali Proporsional Diferensial (PD)')
[gpeak, fpeak] = getPeakGain(sys_cl);
bw = bandwidth(sys_cl);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik) = %10.5g
\n', bw)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi = %10.5g
\n', gpeak)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB) = %10.5g
\n', mag2db(gpeak))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) = %10.5g
\n', fpeak)
%
disp('Performansi Lingkar Tertutup Dalam Domain Frekuensi
Dengan Pengendali Proporsional Diferensial (PD)')
[gpeak_g, fpeak_g] = getPeakGain(sys_cl_p);
bw_g = bandwidth(sys_cl_p);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik) = %10.5g
\n', bw_g)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi = %10.5g
\n', gpeak_g)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB) = %10.5g
\n', mag2db(gpeak_g))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) = %10.5g
\n', fpeak_g)
%
% Kestabilan Sistem Buck - Boost Converter Dengan Persamaan
% Karakteristik
fprintf('\n')
disp('Akar - Akar Persamaan Karakteristik Sistem Buck -
Boost Converter Tanpa Pengendali Proporsional Diferensial
(PD)')
damp(sys_cl)
disp('Akar - Akar Persamaan Karakteristik Sistem Buck -
Boost Converter Dengan Pengendali Proporsional Diferensial
(PD)')
damp(sys_cl_p)
%
% Kestabilan Sistem Buck - Boost Converter Dengan Kriteria
% Nyquist
fprintf('\n')
figure
subplot(211)
disp('Batas Kestabilan Tanpa Pengendali Proporsional

```

```

Diferensial (PD)')
newnyq(num_ol,den_ol)
grid on
subplot(212)
disp('Batas Kestabilan Dengan Pengendali Proporsional
Diferensial (PD)')
newnyq(numopen,denopen)
grid on
%
% Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter
fprintf('\n')
disp('Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter Tanpa
Pengendali Proporsional Diferensial (PD)')
T = sys_cl;
S = 1 - T;
Ms = norm((1 - sys_cl),inf,1e-4);
Mt = norm(sys_cl,inf,1e-4);
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas           =
%10.5g \n',Ms)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer
= %10.5g \n',Mt)
%
% Penentuan Nilai Margin Penguatan dan Margin Fasa
Gm_s = Ms/ (Ms - 1);
Pm_s = 2*asind(1/(2*Ms));
fprintf('Nilai Margin Penguatan                       =
%10.5g \n',Gm_s)
fprintf('Nilai Margin Penguatan (dB)                   =
%10.5g \n',mag2db(Gm_s))
fprintf('Nilai Margin Fasa                             =
%10.5g \n',Pm_s)
%
disp('Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter Dengan
Pengendali Proporsional Diferensial (PD)')
T_p = sys_cl_p;
S_p = 1 - T_p;
Ms_p = norm((1 - sys_cl_p),inf,1e-4);
Mt_p = norm(sys_cl_p,inf,1e-4);
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas           =
%10.5g \n',Ms_p)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer
= %10.5g \n',Mt_p)
%
% Penentuan Nilai Margin Penguatan dan Margin Fasa

```

```

Gm_p = Ms_p/ (Ms_p - 1);
Pm_p = 2*asind(1/(2*Ms_p));
fprintf('Nilai Margin Penguatan           =
%10.5g \n', Gm_p)
fprintf('Nilai Margin Penguatan (dB)      =
%10.5g \n', mag2db(Gm_p))
fprintf('Nilai Margin Fasa                =
%10.5g \n', Pm_p)
%
% Tanggapan Terhadap Masukan Undak Satuan Tanpa dan Dengan
Pengendali Proporsional Diferensial (PD)
figure
t = 0.0 : 0.01 : 25.000;
step(sys_cl, '-', sys_cl_p, '--', t);
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional Diferensial
(PD)', 'Dengan Pengendali Proporsional Diferensial (PD)');
ylabel('Tegangan')
xlabel('Waktu')
grid on
title('Tanggapan Tegangan Sistem Buck - Boost Konverter')
%
% Diagram Bode Tanpa dan Dengan Pengendali Proporsional
Diferensial (PD)
figure
margin(sys_ol)
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional Diferensial
(PD)');
grid on
figure
margin(sys_ol_p)
hleg = legend('Dengan Pengendali Proporsional Diferensial
(PD)');
grid on
%
% Diagram Magnitude Bode Tanpa dan Dengan Pengendali
Proporsional Diferensial (PD)
figure
bodemag(sys_cl)
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional Diferensial
(PD)');
grid on
figure
bodemag(sys_cl_p)
hleg = legend('Dengan Pengendali Proporsional Diferensial

```

```

(PD)');
grid on
%
% Tanggapan Fungsi Sensitivitas dan Fungsi Sensitivitas
Komplementer
loops = loopsens(tf(num_ol,den_ol),1);
loops_p = loopsens(tf(numopen,denopen),1);
bode(loops.Si,loops_p.Si,loops.Ti,loops_p.Ti)
grid on

```

### 3.6 Sistem Buck Boost Converter Dengan Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)

Kode Matlab untuk analisa kendali sistem Buck Boost Converter dengan pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID) sebagai berikut.

```

clc
clear all
close all
close all hidden
%
% Buck - Boost Converter
%
V1 = 40.0000;
L = 250.0000 * 10^(-6);
C = 60.0000 * 10^(-6);
R = 10.0000;
f = 20000.0000;
k = 0.6000;
M = 1/(1 - k);
V2 = k*V1/(1 - k);
Vc = V2;
I1 = 9.0000;
I2 = 6.0000;
IL = 15.0000;
T = 1/f;
%
PE = V1*I1*T;
Po = V2*I2;
Pin = V1*I1;
WC = 0.5000 * C * (Vc^2);
WL = 0.5000 * L * (IL^2);
SE = WL + WC;

```

```

CIR = WC/WL;
EF = SE/PE;
eff = Po/Pin;
tau1 = ((2*T)*EF)/(1 + CIR);
tau2 = (1 + (CIR*((1.0000 - eff)/eff)));
tau = tau1 * tau2;
td1 = ((2*T)*EF)/(1 + CIR);
td2 = CIR/(eff + CIR*(1-eff));
td = td1 * td2;
rasio = td/tau;
s1 = -5.0000 + j*5.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Buck - Boost Converter
\')
num_ol = [0.0000 0.0000 M];
den_ol = [tau*td tau 1.0000];
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Buck - Boost Converter
\')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional Integral Diferensial
(PID) Untuk Sistem Boost Converter
[numopen,denopen,dencl]=Pengendali_PID_RL(num_ol,den_ol,s1);
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional Integral Diferensial
(PID)')
sys_ol_p = tf(numopen,denopen)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional Integral Diferensial
(PID)')
sys_cl_p = tf(numopen,dencl)
%

```

```

% Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter
fprintf('\n')
disp ('Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter Tanpa
Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)')
e1 = abs(1-dcgain(sys_cl))
disp ('Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter Dengan
Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)')
e2 = abs(1-dcgain(sys_cl_p))
%
% Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dalam Domain Waktu
fprintf('\n')
disp ('Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Tanpa Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)')
t = 0:0.01:20.00;
[y,x,t] = step(sys_cl);
P1 = stepinfo(sys_cl)
%
disp ('Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dengan Pengendali Proporsional Integral Diferensial
(PID)')
[yg,xg,t] = step(sys_cl_p);
Pg = stepinfo(sys_cl_p)
%
% Performansi Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter Dalam
Domain Frekuensi
fprintf('\n')
disp ('Performansi Lingkar Terbuka Dalam Domain Frekuensi
Tanpa Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)')
[Gm,Pm,Wgm,Wpm] = margin(sys_ol);
fprintf('Margin Penguatan                = %10.5g \n',Gm)
fprintf('Margin Penguatan (dB)           = %10.5g
\n',mag2db(Gm))
fprintf('Margin Fasa                      = %10.5g \n',Pm)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan       = %10.5g \n',Wgm)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa             = %10.5g \n',Wpm)
%
disp ('Performansi Lingkar Terbuka Dalam Domain Frekuensi
Dengan Pengendali Proporsional Integral Diferensial
(PID)')
[Gmg,Pmg,Wmg,Wpmg] = margin(sys_ol_p);
fprintf('Margin Penguatan                = %10.5g \n',Gmg)
fprintf('Margin Penguatan (dB)           = %10.5g
\n',mag2db(Gmg))

```

```

fprintf('Margin Fasa                                = %10.5g \n',Pmg)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan                = %10.5g \n',Wmg)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa                      = %10.5g \n',Wpmg)
%
% Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dalam Domain Frekuensi
fprintf('\n')
disp('Performansi Lingkar Tertutup Dalam Domain Frekuensi
Tanpa Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)')
[gpeak,fpeak] = getPeakGain(sys_cl);
bw = bandwidth(sys_cl);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik)                    = %10.5g
\n',bw)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi                    = %10.5g
\n',gpeak)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB)                = %10.5g
\n',mag2db(gpeak))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik)     = %10.5g
\n',fpeak)
%
disp('Performansi Lingkar Tertutup Dalam Domain Frekuensi
Dengan Pengendali Proporsional Integral Diferensial
(PID)')
[gpeak_g,fpeak_g] = getPeakGain(sys_cl_p);
bw_g = bandwidth(sys_cl_p);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik)                    = %10.5g
\n',bw_g)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi                    = %10.5g
\n',gpeak_g)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB)                = %10.5g
\n',mag2db(gpeak_g))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik)     = %10.5g
\n',fpeak_g)
%
% Kestabilan Sistem Buck - Boost Converter Dengan Persamaan
% Karakteristik
fprintf('\n')
disp('Akar - Akar Persamaan Karakteristik Sistem Buck -
Boost Converter Tanpa Pengendali Proporsional Integral
Diferensial (PID)')
damp(sys_cl)
disp('Akar - Akar Persamaan Karakteristik Sistem Buck -
Boost Converter Dengan Pengendali Proporsional Integral
Diferensial (PID)')

```



```

damp(sys_cl_p)
%
% Kestabilan Sistem Buck - Boost Converter Dengan Kriteria
% Nyquist
fprintf('\n')
figure
subplot(211)
disp('Batas Kestabilan Tanpa Pengendali Proporsional
Integral Diferensial (PID)')
newnyq(num_ol,den_ol)
grid on
subplot(212)
disp('Batas Kestabilan Dengan Pengendali Proporsional
Integral Diferensial (PID)')
newnyq(numopen,denopen)
grid on
%
% Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter
fprintf('\n')
disp('Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter Tanpa
Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)')
T = sys_cl;
S = 1 - T;
Ms = norm((1 - sys_cl),inf,1e-4);
Mt = norm(sys_cl,inf,1e-4);
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas           =
%10.5g \n',Ms)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer
= %10.5g \n',Mt)
%
% Penentuan Nilai Margin Penguatan dan Margin Fasa
Gm_s = Ms/ (Ms - 1);
Pm_s = 2*asind(1/(2*Ms));
fprintf('Nilai Margin Penguatan                       =
%10.5g \n',Gm_s)
fprintf('Nilai Margin Penguatan (dB)                   =
%10.5g \n',mag2db(Gm_s))
fprintf('Nilai Margin Fasa                             =
%10.5g \n',Pm_s)
%
disp('Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter Dengan
Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)')
T_p = sys_cl_p;
S_p = 1 - T_p;

```

```

Ms_p = norm((1 - sys_cl_p),inf,1e-4);
Mt_p = norm(sys_cl_p,inf,1e-4);
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas           =
%10.5g \n',Ms_p)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer
= %10.5g \n',Mt_p)
%
% Penentuan Nilai Margin Penguatan dan Margin Fasa
Gm_p = Ms_p/ (Ms_p - 1);
Pm_p = 2*asind(1/(2*Ms_p));
fprintf('Nilai Margin Penguatan           =
%10.5g \n',Gm_p)
fprintf('Nilai Margin Penguatan (dB)           =
%10.5g \n',mag2db(Gm_p))
fprintf('Nilai Margin Fasa           =
%10.5g \n',Pm_p)
%
% Tanggapan Terhadap Masukan Undak Satuan Tanpa dan Dengan
Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)
figure
t = 0.0 : 0.01 : 25.000;
step(sys_cl,'-',sys_cl_p,'--',t);
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional Integral
Diferensial (PID)','Dengan Pengendali Proporsional
Integral Diferensial (PID)');
ylabel('Tegangan')
xlabel('Waktu')
grid on
title('Tanggapan Tegangan Sistem Buck - Boost Konverter')
%
% Diagram Bode Tanpa dan Dengan Pengendali Proporsional
Integral Diferensial (PID)
figure
margin(sys_ol)
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional Integral
Diferensial (PID)');
grid on
figure
margin(sys_ol_p)
hleg = legend('Dengan Pengendali Proporsional Integral
Diferensial (PID)');
grid on
%
% Diagram Magnitude Bode Tanpa dan Dengan Pengendali

```

```

Proporsional Integral Diferensial (PID)
figure
bodemag(sys_cl)
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional Integral
Diferensial (PID)');
grid on
figure
bodemag(sys_cl_p)
hleg = legend('Dengan Pengendali Proporsional Integral
Diferensial (PID)');
grid on
%
% Tanggapan Fungsi Sensitivitas dan Fungsi Sensitivitas
Komplementer
loops = loopsens(tf(num_ol,den_ol),1);
loops_p = loopsens(tf(numopen,denopen),1);
bode(loops.Si,loops_p.Si,loops.Ti,loops_p.Ti)
grid on

```

### 3.7 Kode - Kode Matlab Untuk Fungsi - Fungsi Pengendali

Bagian ini menjelaskan kode - kode fungsi Matlab untuk pengendali Proporsional (P), pengendali Proporsional Integral (PI), pengendali Proporsional Diferensial (PD) dan pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID).

#### 3.7.1 Kode - Kode Matlab Untuk Fungsi Pengendali Proporsional (P)

Kode Matlab untuk fungsi pengendali Proporsional (P) sebagai berikut.

```

function [numopen,denopen,dencl]=Pengendali_P_
RL(num,den,zeta)
c1=0:.1:10; c2=11:1:100; c3=110:10:1000;
k=[c1 c2 c3]; kk=k';
j=0;
r=rlocus(num,den,k);
ri=imag(r); risum=sum(ri);
costhta=cos([pi-angle(r)]);
j= find (risum > .5);
if isempty(j)==1;
    disp('Warning: Nilai Zeta tidak berada dalam
kedudukan akar')
    return,else, end
l=length(costhta);

```

```

    for i=1:l for c=1:j
        if costhta(i,c) ==-1 costhta(i,c)=1; end,end,end
    cost=(costhta(:,j));
    l=length(cost);
    if cost(1) > zeta
        i = find(cost < zeta);
    else
        i = find(cost > zeta);
    end
    if length(i) == 0
        disp('Warning: Nilai Zeta tidak berada dalam
kedudukan akar'),return
    else
    while i(1)>1 i(1)=i(1)-1; end
        i2 = i(1);
        i1 = i2 - 1;
        k1 = min(kk(i1,:));
        k2 = min(kk(i2,:)) ;
        m1 = min(cost(i1,:));
        m2 = min(cost(i2,:));
        K0 = k1 + (m1-zeta)*(k2-k1)/(m1-m2);
    end
    K0=round(100*K0)/100;
    fprintf('Konstanta Pengendali Kp :    Kp = %g',K0);
    fprintf('\n\n');
    %
    m=length(num);
    n=length(den);
    if n > m;
    o=zeros(1,n-m); mk=[o,1]; num1=conv(num,mk);
    else
        num1=num;
    end
    numgc=K0;
    numopen=conv(numgc,num1);
    denopen=den;
    dencl=denopen+numopen;
    numopen=numopen(n-m+1:length(numopen));

```

### 3.7.2 Kode – Kode Matlab Untuk Fungsi Pengendali Proporsional Integral (PI)

Kode Matlab untuk fungsi pengendali Proporsional Integral (PI) sebagai berikut.

```
function [numopen,denopen,dencl]=Pengendali_PI_
RL(num,den,s1)
beta=atan2(imag(s1),real(s1));
sm=abs(s1);
[mag,phase]=Ghs(num,den,s1);
if imag(s1)==0
Z0=input(' Masukan Nilai dari Zero Pengendali -> ');
fprintf('\n\n')
ghr=mag*cos(phase);
KP=-s1/((s1+Z0)*ghr);
KI=Z0*KP;
else
KI=-(sm*sin(phase))/(mag*sin(beta));
KP=-sin(beta+phase)/(mag*sin(beta)-(2*KI*cos(beta))/sm);
Z0=KI/KP;
end
disp('Pengendali PI')
P0=0;
fprintf('          Gc = %g',KP),fprintf(' + %g',KI),
fprintf('\n/s \n\n')
%
m=length(num);
n=length(den);
if n > m
o=zeros(1,n-m);
mk=[o,1];
num1=conv(num,mk);
else
num1=num;
end
numgc=[KP,KI];
numopen=conv(numgc,num1);
dengc=[1,P0];
denopen=conv(dengc,den);
dencl=denopen+numopen;
```

### 3.7.3 Kode – Kode Matlab Untuk Fungsi Pengendali Proporsional Diferensial (PD)

Kode Matlab untuk fungsi pengendali Proporsional Diferensial (PD) sebagai berikut.

```
function [numopen, denopen, dencl]=Pengendali_PD_
RL(num,den,s1)
beta=atan2(imag(s1),real(s1));
sm=abs(s1);
[mag,phase]=Ghs(num,den,s1);
if imag(s1)==0
Z0=input('Magnitude Zero Kompensator : ');
fprintf('\n\n')
ghr=mag*cos(phase);
KD=-1/((s1+Z0)*ghr);
Kp=Z0*KD;
else
Kp=-sin(beta+phase)/(mag*sin(beta));
KD=sin(phase)/(sm*mag*sin(beta));
end
Z0=Kp/KD;
%
disp('Pengendali PD')
fprintf('      Gc = %g',Kp),fprintf(' + %g',KD),
fprintf('s \n\n')
%
m=length(num); n=length(den);
if n > m
o=zeros(1,n-m); mk=[o,1]; num1=conv(num,mk);
else
num1=num;
end
numgc=[KD,Kp]; numopen=conv(numgc,num1);
dengc=[0,1]; denopen=conv(dengc,den);
dencl=denopen+numopen;
```

### 3.7.4 Kode – Kode Matlab Untuk Fungsi Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)

Kode Matlab untuk fungsi pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID) sebagai berikut.

```
function [numopen,denopen,dencl]=Pengendali_PID_
RL(num,den,s1,KI)
```

```

KI=input('Nilai Konstanta KI -> ');
beta=atan2(imag(s1),real(s1));
sm=abs(s1);
[mag,phase]=Ghs(num,den,s1);
if imag(s1)==0
    Kp=input(' Nilai Kontanta KP : ');
    fprintf('\n\n')
    ghr=mag*cos(phase);
    KD=-1/(s1*ghr)-Kp/s1-KI/(s1*s1);
else
Kp=-sin(beta+phase)/(mag*sin(beta))-(2*KI*cos(beta))/sm;
KD=sin(phase)/(sm*mag*sin(beta))+KI/(sm*sm);
end
Z0=Kp/KD;
disp('Pengendali PID')
fprintf('      Gc = %g',Kp),fprintf(' + %g',KI),fprintf('/s
+ '),
fprintf('%g',KD),fprintf('s \n\n')
%
m=length(num); n=length(den);
if n > m
o=zeros(1,n-m); mk=[o,1]; num1=conv(num,mk);
else, num1=num; end
numgc=[KD,Kp,KI]; numopen=conv(numgc,num1);
dengc=[0, 1, 0]; denopen=conv(dengc,den);
dencl=denopen+numopen;
numopen=numopen(n-m+1:length(numopen));
denopen =denopen(2:length(denopen));
dencl=dencl(2:length(dencl));

```

# **BAB 4**

## **PROGRAM MATLAB UNTUK PEMODELAN DAN ANALISA SISTEM KENDALI BUCK BOOST CONVERTER DENGAN KOMPENSATOR (TEMPAT KEDUDUKAN AKAR)**

### **4.1 Pendahuluan**

Bagian ini menjelaskan kode – kode Matlab yang digunakan untuk pemodelan dan analisa sistem kendali Boost Converter dengan menggunakan kompensator dengan pendekatan tanggapan frekuensi. Kompensator yang digunakan meliputi kompensator ketinggalan dan kompensator mendahului. Untuk analisa kendali yang dilakukan terdiri dari analisa kesalahan, analisa peralihan, analisa domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran terbuka, analisa domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran tertutup, analisa kestabilan dan analisa kekokohan.

Untuk analisa kesalahan ini ditunjukkan oleh tipe sistem, konstanta kesalahan posisi, konstanta kesalahan kecepatan, konstanta kesalahan percepatan, kesalahan keadaan mantap untuk masukan undak satuan, kesalahan keadaan mantap untuk masukan laju satuan dan kesalahan keadaan mantap untuk masukan parabolik. Untuk analisa peralihan diperoleh dari tanggapan tegangan peralihan fungsi alih lingkaran tertutup terhadap masukan undak satuan. Untuk analisa peralihan tanggapan tegangan sistem Buck Boost Converter terhadap masukan undak satuan ditunjukkan oleh waktu naik, waktu puncak, nilai puncak, lewatan maksimum dan waktu keadaan mantap.

Analisa domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran terbuka ditunjukkan oleh margin penguatan, frekuensi margin penguatan, margin fasa dan frekuensi margin fasa dan nilai – nilai tersebut diperoleh dari diagram Bode. Untuk analisa domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran tertutup ditunjukkan oleh lebar pita, nilai puncak resonansi dan frekuensi puncak resonansi dan ketiga nilai tersebut



diperoleh dari diagram Magnitude Bode.

Untuk analisa kestabilan dilakukan dengan menggunakan metoda akar – akar persamaan karakteristik dan kriteria Nyquist. Tanggapan tegangan sistem Buck Boost Converter akan bersifat stabil jika akar – akar dari persamaan karakteristik dari fungsi alih lingkaran tertutup mempunyai bagian nyata yang bernilai negatif. Kriteria kestabilan Nyquist pada tanggapan tegangan sistem Buck Boost Converter adalah kriteria kestabilan yang merelasikan tanggapan frekuensi lingkaran terbuka  $G(j\omega)H(j\omega)$  dengan banyaknya pole dan zero dari  $1 + G(j\omega)H(j\omega)$  yang terletak di sebelah kanan sumbu khayal bidang s.

Pembahasan terakhir yang dilakukan adalah analisa kekokohan tanggapan tegangan sistem Buck Boost Converter terhadap gangguan, peredaman derau terhadap frekuensi tinggi dan mempunyai tanggapan yang cepat terhadap masukan tertentu. Untuk Analisa kekokohan dilakukan dengan menggunakan kriteria puncak maksimum. Kriteria puncak maksimum ini terdiri dari nilai puncak maksimum sensitivitas dan nilai puncak maksimum sensitivitas komplementer.

## 4.2 Sistem Buck Boost Converter

Kode Matlab untuk analisa kendali sistem Buck Boost Converter sebagai berikut.

```
clc
clear all
close all
close all hidden
%
% Buck - Boost Converter
%
V1 = 40.0000;
L = 250.0000 * 10^(-6);
C = 60.0000 * 10^(-6);
R = 10.0000;
f = 20000.0000;
k = 0.6000;
M = 1/(1 - k);
V2 = k*V1/(1 - k);
Vc = V2;
```

```

I1 = 9.0000;
I2 = 6.0000;
IL = 15.0000;
T = 1/f;
%
PE = V1*I1*T;
Po = V2*I2;
Pin = V1*I1;
WC = 0.5000 * C * (Vc^2);
WL = 0.5000 * L * (IL^2);
SE = WL + WC;
CIR = WC/WL;
EF = SE/PE;
eff = Po/Pin;
taul = ((2*T)*EF)/(1 + CIR);
tau2 = (1 + (CIR*((1.0000 - eff)/eff)));
tau = taul * tau2;
td1 = ((2*T)*EF/(1 + CIR));
td2 = CIR/(eff + CIR*(1-eff));
td = td1 * td2;
rasio = td/tau;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
\')
num_ol = [0.0000 0.0000 M];
den_ol = [tau*td tau 1.0000];
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
\')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Informasi Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter
fprintf('\n')
disp ('Nilai Kesalahan Buck - Boost Converter ')
Errorrf(num_ol,den_ol)
%
% Informasi Analisa Peralihan Buck - Boost Converter
fprintf('\n')
disp ('Tanggapan Peralihan Buck - Boost Converter ')
t = 0:0.01:20.00;

```

```

[y,x,t] = step(sys_cl);
Pl = stepinfo(sys_cl)
%
% Informasi Analisa Frekuensi Buck - Boost Converter Untuk
Fungsi Alih Lingkar Terbuka
fprintf('\n')
disp ('Informasi Analisa Frekuensi Buck - Boost Converter
Untuk Fungsi Alih Lingkar Terbuka ')
[Gm,Pm,Wgm,Wpm] = margin(sys_ol);
fprintf('Margin Penguatan                = %10.5g \n',Gm)
fprintf('Margin Penguatan (dB)            = %10.5g
\n',mag2db(Gm))
fprintf('Margin Fasa                        = %10.5g \n',Pm)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan        = %10.5g \n',Wgm)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa              = %10.5g \n',Wpm)
%
% Informasi Analisa Frekuensi Buck - Boost Converter Untuk
Fungsi Alih Lingkar Tertutup
fprintf('\n')
disp ('Informasi Analisa Frekuensi Buck - Boost Converter
Untuk Fungsi Alih Lingkar Tertutup')
[gpeak,fpeak] = getPeakGain(sys_cl);
bw = bandwidth(sys_cl);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik)              = %10.5g
\n',bw)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi                = %10.5g
\n',gpeak)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB)          = %10.5g
\n',mag2db(gpeak))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) = %10.5g
\n',fpeak)
%
% Informasi Analisa Kestabilan Buck - Boost Converter
Dengan Persamaan Karakteristik
fprintf('\n')
disp('Akar - Akar Persamaan Karakteristik')
damp(sys_cl)
%
% Kestabilan Sistem Buck Boost Converter Dengan Kriteria
% Nyquist
fprintf('\n')
figure
newnyq(num_ol,den_ol)
grid on

```

```

%
% Informasi Analisa Kekokohan
fprintf('\n')
disp('Kekokohan Buck - Boost Converter')
T = sys_cl;
S = 1 - T;
Ms = norm((1 - sys_cl),inf,1e-4);
Mt = norm(sys_cl,inf,1e-4);
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas           =
%10.5g \n',Ms)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer
= %10.5g \n',Mt)
%
% Penentuan Nilai Margin Penguatan dan Margin Fasa
Gm_s = Ms/ (Ms - 1);
Pm_s = 2*asind(1/(2*Ms));
fprintf('Nilai Margin Penguatan                       =
%10.5g \n',Gm_s)
fprintf('Nilai Margin Penguatan (dB)                   =
%10.5g \n',mag2db(Gm_s))
fprintf('Nilai Margin Fasa                             =
%10.5g \n',Pm_s)
%
% Tanggapan Peralihan Buck - Boost Converter Untuk Fungsi
Alih Lingkar Tertutup Terhadap Masukan Undak Satuan
figure
step(sys_cl);
ylabel('Nilai V2')
xlabel('Waktu')
grid on
title('Tanggapan Peralihan Buck - Boost Converter')
%
% Diagram Bode Buck - Boost Converter
figure
bode(sys_ol);
grid on
%
% Diagram Magnitude Bode Buck - Boost Converter
figure
bodemag(sys_cl,t);
grid on
%
% Akar - Akar Persamaan Karakteristik Buck - Boost Converter
figure

```

```

pzmap(sys_cl);
grid on
%
% Tanggapan Fungsi Sensitivitas dan Fungsi Sensitivitas
Komplementer Buck - Boost Converter
figure
loops = loopsens(tf(num_ol,den_ol),1);
bode(loops.Si,loops.Ti)
grid on

```

### 4.3 Sistem Buck Boost Converter Dengan Kompensator Ketinggalan

Kode Matlab untuk analisa kendali sistem Buck Boost Converter dengan kompensator ketinggalan sebagai berikut.

```

clc
clear all
close all
close all hidden
%
% Buck - Boost Converter
%
V1 = 40.0000;
L = 250.0000 * 10^(-6);
C = 60.0000 * 10^(-6);
R = 10.0000;
f = 20000.0000;
k = 0.6000;
M = 1/(1 - k);
V2 = k*V1/(1 - k);
Vc = V2;
I1 = 9.0000;
I2 = 6.0000;
IL = 15.0000;
T = 1/f;
%
PE = V1*I1*T;
Po = V2*I2;
Pin = V1*I1;
WC = 0.5000 * C * (Vc^2);
WL = 0.5000 * L * (IL^2);
SE = WL + WC;
CIR = WC/WL;

```

```

EF = SE/PE;
eff = Po/Pin;
tau1 = ((2*T)*EF)/(1 + CIR);
tau2 = (1 + (CIR*((1.0000 - eff)/eff)));
tau = tau1 * tau2;
td1 = ((2*T)*EF)/(1 + CIR);
td2 = CIR/(eff + CIR*(1-eff));
td = td1 * td2;
rasio = td/tau;
s1 = -5.0000 + j*5.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
\')
num_ol = [0.0000    0.0000    M];
den_ol = [tau*td    tau    1.0000];
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
\')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Perancangan Pengendali Kompensator Ketinggalan Untuk
Sistem Buck - Boost Converter
[numopen,denopen,dencl]= Kompensator_Lag_RL(num_ol,den_
ol,s1);
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
Dengan Kompensator Ketinggalan
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
Dengan Kompensator Ketinggalan')
sys_ol_p = tf(numopen,denopen)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dengan Kompensator Ketinggalan
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dengan Kompensator Ketinggalan')
sys_cl_p = tf(numopen,dencl)
%
% Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter
fprintf('\n')
disp ('Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter Tanpa

```

```

Kompensator Ketinggalan')
e1 = abs(1-dcgain(sys_cl))
disp ('Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter Dengan
Kompensator Ketinggalan')
e2 = abs(1-dcgain(sys_cl_p))
%
% Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dalam Domain Waktu
fprintf('\n')
disp ('Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Tanpa Kompensator Ketinggalan')
t = 0:0.01:20.00;
[y,x,t] = step(sys_cl);
P1 = stepinfo(sys_cl)
%
disp ('Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dengan Kompensator Ketinggalan')
[yg,xg,t] = step(sys_cl_p);
Pg = stepinfo(sys_cl_p)
%
% Performansi Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter Dalam
Domain Frekuensi
fprintf('\n')
disp ('Performansi Lingkar Terbuka Dalam Domain Frekuensi
Tanpa Kompensator Ketinggalan')
[Gm,Pm,Wgm,Wpm] = margin(sys_ol);
fprintf('Margin Penguatan = %10.5g \n',Gm)
fprintf('Margin Penguatan (dB) = %10.5g
\n',mag2db(Gm))
fprintf('Margin Fasa = %10.5g \n',Pm)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan = %10.5g \n',Wgm)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa = %10.5g \n',Wpm)
%
disp ('Performansi Lingkar Terbuka Dalam Domain Frekuensi
Dengan Kompensator Ketinggalan')
[Gmg,Pmg,Wgmg,Wpmg] = margin(sys_ol_p);
fprintf('Margin Penguatan = %10.5g \n',Gmg)
fprintf('Margin Penguatan (dB) = %10.5g
\n',mag2db(Gmg))
fprintf('Margin Fasa = %10.5g \n',Pmg)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan = %10.5g \n',Wgmg)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa = %10.5g \n',Wpmg)
%
% Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter

```

```

Dalam Domain Frekuensi
fprintf('\n')
disp('Performansi Lingkar Tertutup Dalam Domain Frekuensi
Tanpa Kompensator Ketinggalan')
[gpeak, fpeak] = getPeakGain(sys_cl);
bw = bandwidth(sys_cl);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik) = %10.5g
\n', bw)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi = %10.5g
\n', gpeak)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB) = %10.5g
\n', mag2db(gpeak))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) = %10.5g
\n', fpeak)
%
disp('Performansi Lingkar Tertutup Dalam Domain Frekuensi
Dengan Kompensator Ketinggalan')
[gpeak_g, fpeak_g] = getPeakGain(sys_cl_p);
bw_g = bandwidth(sys_cl_p);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik) = %10.5g
\n', bw_g)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi = %10.5g
\n', gpeak_g)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB) = %10.5g
\n', mag2db(gpeak_g))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) = %10.5g
\n', fpeak_g)
%
% Kestabilan Sistem Buck - Boost Converter Dengan Persamaan
Karakteristik
% Karakteristik
fprintf('\n')
disp('Akar - Akar Persamaan Karakteristik Sistem Buck -
Boost Converter Tanpa Kompensator Ketinggalan')
damp(sys_cl)
disp('Akar - Akar Persamaan Karakteristik Sistem Buck -
Boost Converter Dengan Kompensator Ketinggalan')
damp(sys_cl_p)
%
% Kestabilan Sistem Buck - Boost Converter Dengan Kriteria
% Nyquist
fprintf('\n')
figure
subplot(211)

```



```

disp('Batas Kestabilan Tanpa Kompensator Ketinggalan')
newnyq(num_ol,den_ol)
grid on
subplot(212)
disp('Batas Kestabilan Dengan Kompensator Ketinggalan')
newnyq(numopen,denopen)
grid on
% Kekokohan Sistem Boost Converter
fprintf('\n')
disp('Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter Tanpa
Kompensator Ketinggalan')
T = sys_cl;
S = 1 - T;
Ms = norm((1 - sys_cl),inf,1e-4);
Mt = norm(sys_cl,inf,1e-4);
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas           =
%10.5g \n',Ms)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer
= %10.5g \n',Mt)
%
% Penentuan Nilai Margin Penguatan dan Margin Fasa
Gm_s = Ms/ (Ms - 1);
Pm_s = 2*asind(1/(2*Ms));
fprintf('Nilai Margin Penguatan                       =
%10.5g \n',Gm_s)
fprintf('Nilai Margin Penguatan (dB)                   =
%10.5g \n',mag2db(Gm_s))
fprintf('Nilai Margin Fasa                             =
%10.5g \n',Pm_s)
%
disp('Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter Dengan
Kompensator Ketinggalan')
T_p = sys_cl_p;
S_p = 1 - T_p;
Ms_p = norm((1 - sys_cl_p),inf,1e-4);
Mt_p = norm(sys_cl_p,inf,1e-4);
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas           =
%10.5g \n',Ms_p)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer
= %10.5g \n',Mt_p)
%
% Penentuan Nilai Margin Penguatan dan Margin Fasa
Gm_p = Ms_p/ (Ms_p - 1);
Pm_p = 2*asind(1/(2*Ms_p));

```

```

fprintf('Nilai Margin Penguatan           =
%10.5g \n', Gm_p)
fprintf('Nilai Margin Penguatan (dB)      =
%10.5g \n', mag2db(Gm_p))
fprintf('Nilai Margin Fasa                =
%10.5g \n', Pm_p)
%
% Tanggapan Terhadap Masukan Undak Satuan Tanpa dan Dengan
Kompensator Ketinggalan
figure
t = 0.0 : 0.01 : 25.000;
step(sys_cl, '-', sys_cl_p, '--', t);
hleg = legend('Tanpa Kompensator Ketinggalan', 'Dengan
Kompensator Ketinggalan');
ylabel('Tegangan')
xlabel('Waktu')
grid on
title('Tanggapan Tegangan Sistem Buck - Boost Converter')
%
% Diagram Bode Tanpa dan Dengan Kompensator Ketinggalan
figure
margin(sys_ol)
hleg = legend('Tanpa Kompensator Ketinggalan');
grid on
figure
margin(sys_ol_p)
hleg = legend('Dengan Kompensator Ketinggalan');
grid on
%
% Diagram Magnitude Bode Tanpa dan Dengan Kompensator
Ketinggalan
figure
bodemag(sys_cl)
hleg = legend('Tanpa Kompensator Ketinggalan');
grid on
figure
bodemag(sys_cl_p)
hleg = legend('Dengan Kompensator Ketinggalan');
grid on
%
% Tanggapan Fungsi Sensitivitas dan Fungsi Sensitivitas
Komplementer
loops = loopsens(tf(num_ol, den_ol), 1);
loops_p = loopsens(tf(numopen, denopen), 1);

```

```
bode(loops.Si, loops_p.Si, loops.Ti, loops_p.Ti)
grid on
```

#### 4.4 Sistem Buck Boost Converter Dengan Kompensator Mendahului

Kode Matlab untuk analisa kendali sistem Buck Boost Converter dengan kompensator mendahului sebagai berikut.

```
clc
clear all
close all
close all hidden
%
% Buck - Boost Converter
%
V1 = 40.0000;
L = 250.0000 * 10^(-6);
C = 60.0000 * 10^(-6);
R = 10.0000;
f = 20000.0000;
k = 0.6000;
M = 1/(1 - k);
V2 = k*V1/(1 - k);
Vc = V2;
I1 = 9.0000;
I2 = 6.0000;
IL = 15.0000;
T = 1/f;
%
PE = V1*I1*T;
Po = V2*I2;
Pin = V1*I1;
WC = 0.5000 * C * (Vc^2);
WL = 0.5000 * L * (IL^2);
SE = WL + WC;
CIR = WC/WL;
EF = SE/PE;
eff = Po/Pin;
tau1 = ((2*T)*EF)/(1 + CIR);
tau2 = (1 + (CIR*((1.0000 - eff)/eff)));
tau = tau1 * tau2;
td1 = ((2*T)*EF/(1 + CIR));
td2 = CIR/(eff + CIR*(1-eff));
```

```

td    = td1 * td2;
rasio = td/tau;
s1 = -5.0000 + j*5.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
')
num_ol = [0.0000    0.0000    M];
den_ol = [tau*td    tau        1.0000];
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost
Converter ')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Perancangan Pengendali Kompensator Lead Untuk Sistem
Buck - Boost Converter
[numopen,denopen,dencl]= Kompensator_Lead_RL(num_ol,den_
ol,s1);
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
Dengan Kompensator Lead
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
Dengan Kompensator Lead')
sys_ol_p = tf(numopen,denopen)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dengan Kompensator Lead
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Buck - Boost
Converter Dengan Kompensator Lead')
sys_cl_p = tf(numopen,dencl)
%
% Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter
fprintf('\n')
disp ('Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter Tanpa
Kompensator Lead')
e1 = abs(1-dcgain(sys_cl))
disp ('Analisa Kesalahan Buck - Boost Converter Dengan
Kompensator Lead')
e2 = abs(1-dcgain(sys_cl_p))
%
% Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter

```

```

Dalam Domain Waktu
fprintf('\n')
disp ('Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost
Converter Tanpa Kompensator Lead')
t = 0:0.01:20.00;
[y,x,t] = step(sys_cl);
P1 = stepinfo(sys_cl)
%
disp ('Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost
Converter Dengan Kompensator Lead')
[yg,xg,t] = step(sys_cl_p);
Pg = stepinfo(sys_cl_p)
%
% Performansi Lingkar Terbuka Buck - Boost Converter
Dalam Domain Frekuensi
fprintf('\n')
disp ('Performansi Lingkar Terbuka Dalam Domain
Frekuensi Tanpa Kompensator Lead')
[Gm,Pm,Wgm,Wpm] = margin(sys_ol);
fprintf('Margin Penguatan                = %10.5g \n',Gm)
fprintf('Margin Penguatan (dB)           = %10.5g
\n',mag2db(Gm))
fprintf('Margin Fasa                       = %10.5g \n',Pm)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan        = %10.5g
\n',Wgm)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa              = %10.5g
\n',Wpm)
%
disp ('Performansi Lingkar Terbuka Dalam Domain
Frekuensi Dengan Kompensator Lead')
[Gmg,Pmg,Wmg,Wpmg] = margin(sys_ol_p);
fprintf('Margin Penguatan                = %10.5g
\n',Gmg)
fprintf('Margin Penguatan (dB)           = %10.5g
\n',mag2db(Gmg))
fprintf('Margin Fasa                       = %10.5g
\n',Pmg)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan        = %10.5g
\n',Wmg)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa              = %10.5g
\n',Wpmg)
%
% Performansi Lingkar Tertutup Buck - Boost Converter
Dalam Domain Frekuensi

```

```

fprintf('\n')
disp('Performansi Lingkar Tertutup Dalam Domain
Frekuensi Tanpa Kompensator Lead')
[gpeak, fpeak] = getPeakGain(sys_cl);
bw = bandwidth(sys_cl);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik) =
%10.5g \n', bw)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi =
%10.5g \n', gpeak)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB) =
%10.5g \n', mag2db(gpeak))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) =
%10.5g \n', fpeak)
%
disp('Performansi Lingkar Tertutup Dalam Domain
Frekuensi Dengan Kompensator Lead')
[gpeak_g, fpeak_g] = getPeakGain(sys_cl_p);
bw_g = bandwidth(sys_cl_p);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik) =
%10.5g \n', bw_g)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi =
%10.5g \n', gpeak_g)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB) =
%10.5g \n', mag2db(gpeak_g))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) =
%10.5g \n', fpeak_g)
%
% Kestabilan Sistem Buck - Boost Converter Dengan
Persamaan Karakteristik
% Karakteristik
fprintf('\n')
disp('Akar - Akar Persamaan Karakteristik Sistem Buck -
Boost Converter Tanpa Kompensator Lead')
damp(sys_cl)
disp('Akar - Akar Persamaan Karakteristik Sistem Buck -
Boost Converter Dengan Kompensator Lead')
damp(sys_cl_p)
%
% Kestabilan Sistem Buck - Boost Converter Dengan
Kriteria
% Nyquist
fprintf('\n')
figure
subplot(211)

```

```

disp('Batas Kestabilan Tanpa Kompensator Lead')
newnyq(num_ol,den_ol)
grid on
subplot(212)
disp('Batas Kestabilan Dengan Kompensator Lead')
newnyq(numopen,denopen)
grid on
% Kekokohan Sistem Boost Converter
fprintf('\n')
disp('Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter Tanpa
Kompensator Lead')
T = sys_cl;
S = 1 - T;
Ms = norm((1 - sys_cl),inf,1e-4);
Mt = norm(sys_cl,inf,1e-4);
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas
= %10.5g \n',Ms)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer
= %10.5g \n',Mt)
%
% Penentuan Nilai Margin Penguatan dan Margin Fasa
Gm_s = Ms/ (Ms - 1);
Pm_s = 2*asind(1/(2*Ms));
fprintf('Nilai Margin Penguatan
= %10.5g \n',Gm_s)
fprintf('Nilai Margin Penguatan (dB)
= %10.5g \n',mag2db(Gm_s))
fprintf('Nilai Margin Fasa
= %10.5g \n',Pm_s)
%
disp('Kekokohan Sistem Buck - Boost Converter Dengan
Kompensator Lead')
T_p = sys_cl_p;
S_p = 1 - T_p;
Ms_p = norm((1 - sys_cl_p),inf,1e-4);
Mt_p = norm(sys_cl_p,inf,1e-4);
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas
= %10.5g \n',Ms_p)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer
= %10.5g \n',Mt_p)
%
% Penentuan Nilai Margin Penguatan dan Margin Fasa
Gm_p = Ms_p/ (Ms_p - 1);
Pm_p = 2*asind(1/(2*Ms_p));

```

```

fprintf('Nilai Margin Penguatan
= %10.5g \n',Gm_p)
fprintf('Nilai Margin Penguatan (dB)
= %10.5g \n',mag2db(Gm_p))
fprintf('Nilai Margin Fasa
= %10.5g \n',Pm_p)
%
% Tanggapan Terhadap Masukan Undak Satuan Tanpa dan
Dengan Kompensator Lead
figure
t = 0.0 : 0.01 : 25.000;
step(sys_cl,'-',sys_cl_p,'--',t);
hleg = legend('Tanpa Kompensator Lead','Dengan
Kompensator Lead');
ylabel('Tegangan')
xlabel('Waktu')
grid on
title('Tanggapan Tegangan Sistem Buck - Boost
Converter')
%
% Diagram Bode Tanpa dan Dengan Kompensator Lead
figure
margin(sys_ol)
hleg = legend('Tanpa Kompensator Lead');
grid on
figure
margin(sys_ol_p)
hleg = legend('Dengan Kompensator Lead');
grid on
%
% Diagram Magnitude Bode Tanpa dan Dengan Kompensator
Lead
figure
bodemag(sys_cl)
hleg = legend('Tanpa Kompensator Lead');
grid on
figure
bodemag(sys_cl_p)
hleg = legend('Dengan Kompensator Lead');
grid on
%
% Tanggapan Fungsi Sensitivitas dan Fungsi Sensitivitas
Komplementer
loops = loopsens(tf(num_ol,den_ol),1);

```



```

loops_p = loopsens(tf(numopen,denopen),1);
bode(loops.Si,loops_p.Si,loops.Ti,loops_p.Ti)
grid on

```

## 4.5 Kode – Kode Matlab Untuk Fungsi – Fungsi Kompensator

Bagian ini menjelaskan kode – kode fungsi Matlab untuk kompensator ketinggian dan kompensator mendahului.

### 4.5.1 Kode – Kode Matlab Untuk Fungsi Kompensator Ketinggalan

Kode Matlab untuk fungsi kompensator ketinggian sebagai berikut.

```

function [numopen,denopen,dencl] = Kompensator_Lag_
RL(num,den,zeta)
K=input(' Nilai Gain K -> ');
Z0=input('Magnititude Zero Kompensator -> ');
%
c1=0:.1:10; c2=11:1:100; c3=110:10:1000;
k=[c1 c2 c3]; kk=k';
j=0;
r=rlocus(num,den,k);
ri=imag(r); risum=sum(ri);
costhta=cos([pi-angle(r)]);
j= find (risum > .5);
if isempty(j)==1;
disp('Warning: Nilai Zeta Tidak Berada Pada
Kedudukan Akar')
return,else, end
l=length(costhta);
for i=1:l for c=1:j
if costhta(i,c) ==-1 costhta(i,c)=1; end,end,end
cost=(costhta(:,j));
l=length(cost);
if cost(1) > zeta
i = find(cost < zeta);
else
i = find(cost > zeta);
end
if length(i) == 0
disp('Warning: Nilai Zeta Tidak Berada Pada
Kedudukan Akar'),return
else
while i(1)>1 i(1)=i(1)-1; end

i2 = i(1);

```

```

        i1 = i2 - 1;
        k1 = min(kk(i1,:));
        k2 = min(kk(i2,:)) ;
        m1 = min(cost(i1,:));
        m2 = min(cost(i2,:));
        K0 = k1 + (m1-zeta)*(k2-k1)/(m1-m2);
end
K0=round(100*K0)/100;
Kc=K0/K;
P0=Kc*Z0;
KKc=K*Kc;
fprintf('    Nilai Gain K = %g',K)
fprintf('    Gc(0) = %g',1),fprintf('          Gc =
%g',Kc),fprintf('(s + %g',Z0),
fprintf(')/(s + %g',P0), fprintf('\n\n')
%
m=length(num); n=length(den);
if n > m
o=zeros(1,n-m); mk=[o,1]; num1=conv(num,mk);
else, num1=num; end
numgc=[KKc,KKc*Z0]; numopen=conv(numgc,num1);
dengc=[1,P0];          denopen=conv(dengc,den);
dencl=denopen+numopen;

```

#### 4.5.2 Kode - Kode Matlab Untuk Fungsi Kompensator Mendahului

Kode Matlab untuk fungsi kompensator mendahului sebagai berikut.

```

function          [numopen,denopen,dencl]=Kompensator_Lead_
RL(num,den,s1)
%
a0=input('Nilai DC Gain -> ');
fprintf('\n\n')
beta=atan2(imag(s1),real(s1));
sm=abs(s1);
[mag,phase]=Ghs(num,den,s1);
    if abs(phase)-pi ==0.0
z0=input('Besarnya Magnitude Zero Kompensator -> ');
%
a1=a0/z0;
b1=a1*mag-1/(sm*cos(beta))+a0*mag/sm*cos(beta);
else
if abs(phase) ==0
z0=input('Besarnya Magnitude Zero Kompensator -> ');
fprintf('\n')

```

```

a1=a0/z0;
b1=-a1*mag-1/(sm*cos(beta))-a0*mag/sm*cos(beta);
else
a1 = ( sin(beta)+a0*mag*sin(beta-phase) )/(
sm*mag*sin(phase));
b1 = ( sin(beta+phase)+a0*mag*sin(beta) )/( -sm*sin(phase));
end
end
KKc=a1/b1; Z0=a0/a1; P0=1/b1;
fprintf('      Gc(0) = %g',a0),fprintf('\      Gc =
%g',KKc),fprintf('(s + %g',Z0),
fprintf(')/(s + %g',P0), fprintf('\)\n\n')
%
m=length(num); n=length(den);
if n > m
o=zeros(1,n-m); mk=[o,1]; num1=conv(num,mk);
else, num1=num; end
numgc=[KKc,KKc*Z0]; numopen=conv(numgc,num1);
dengc=[1,P0]; denopen=conv(dengc,den);
dencl=denopen+numopen;

```

## GLOSARIUM

- Matlab : Bahasa Pemograman yang dikembangkan oleh The Mathwork .Inc . Bahasa Pemograman yang banyak digunakan untuk perhitungan numerik, keteknikan, komputasi simbolik, visualisasi, grafis, analisis data matematis, statistika, simulasi pemodelan dan desain GUI
- Fungsi Alih : Perbandingan dari transformasi Laplace keluaran dan transformasi masukan dengan asumsi semua kondisi awal bernilai nol.
- Sistem Waktu Kontinu : Sebuah sistem yang menerima sinyal waktu kontinyu sebagai masukan (input) dan menghasilkan keluaran (output) sinyal waktu yang kontinyu juga. Penggambaran sistem waktu kontinyu selalu berkaitan dengan bentuk representasi matematik yang menggambarkan sistem tersebut dalam keseluruhan waktu.
- Diagram Bode : Grafik frekuensi respon dari sistem. Grafik ini biasanya kombinasi dari magnitude plot Bode, mengekspresikan besarnya (biasanya dalam desibel) respon frekuensi, dan plot fasa Bode, mengungkapkan pergeseran fasa. Kedua besaran diplot terhadap sumbu horisontal sebanding dengan logaritma dari frekuensi. Mengingat bahwa desibel sendiri merupakan skala logaritmik, plot amplitudo Bode adalah plot log–log, sedangkan plot fasa Bode adalah plot lin-log.
- Diagram Nyquist : Diagram Nyquist suatu fungsi alih sinusoidal  $G(j\omega)$  adalah suatu diagram besaran  $G(j\omega)$  terhadap sudut fase  $G(j\omega)$  pada koordinat polar jika  $\omega$  diubah dari nol sampai tak terhingga

Margin Penguatan : Besar penguatan yang dapat dinaikkan sebelum sistem menjadi tidak stabil

Margin Fasa : Banyaknya fasa yang tertinggal yang ditambahkan pada frekuensi gain crossover yang diinginkan agar sistem berbatasan dengan keadaan tidak stabil

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Fiendland, Control System Design, New York: McGraw Hill, 1986.
- [2] D. Xue, C. dan D. P. Atherton, Linear Feedback Control: Analysis and Design With Matlab, Philadelphia: SIAM , 2007.
- [3] Matlab, Control System Toolbox, Massachusetts: The Mathworks Publisher, 2010.
- [4] K. Ogata, Modern Control Engineering, New York: Prentice Hall, 2010.
- [5] F. L. Luo, H. Ye and Muhammad Rashid, Digital Power Electronic and Applications, California: Academic Press, 2005.



# INDEKS

## F

fungsi alih, 4, 28, 43, 67  
fungsi alih lingkaran tertutup, 4, 28, 43, 67

## K

kesalahan keadaan mantap, 4, 28, 43, 67  
konstanta kesalahan kecepatan, 4, 28, 43, 67  
konstanta kesalahan posisi, 4, 28, 43, 67

## L

laju satuan, 4, 28, 43, 67  
lewatan maksimum, 4, 28, 43, 67

## N

nilai puncak, 4, 28, 43, 67

## P

parabolik, 4, 28, 43, 67  
percepatan, 4, 28, 43, 67  
pole, 4, 28, 43, 67

## T

tanggapan peralihan, 4, 28, 43, 67  
tipe, 4, 28, 43, 67  
tipe sistem, 4, 28, 43, 67

## U

undak satuan, 4, 28, 43, 67

## W

waktu keadaan mantap, 4, 28, 43, 67  
waktu naik, 4, 28, 43, 67  
waktu puncak, 4, 28, 43, 67