

PERANCANGAN SISTEM KONTROL PID DENGAN APLIKASI SCILAB

Asmarita Sari¹⁾, Fitri Jusmi²⁾

Universitas Cokroaminoto Palopo

Email Korespondensi: fitrijusmi76@gmail.com

ABSTRACT - PID control is a control that will react to the error that has been given by the sensor, so that it can provide an improvement value to the output value. The RLC circuit is an electrical circuit consisting of a resistor (R), an inductor (L) and a capacitor (C), which are arranged in series or parallel. The resistance produced by the resistor is referred to as resistance, the resistance produced by the inductor is usually called the inductive reactance symbolized by X_L , while the resistance generated by the capacitor is called the capacitive reactance symbolized by X_C . The method of solving an electric circuit can be solved by using the Laplace transform associated with using SCILAB software. SCILAB is open source software and can be run on Windows, Mac and Linux operating systems.

ABSTRAK - Kontrol PID merupakan kontrol yang akan bereaksi terhadap *error* yang telah diberikan oleh *sensor*, sehingga dapat memberikan nilai perbaikan kepada nilai *output*. Rangkaian RLC adalah rangkaian listrik yang tersusun atas *resistor* (R), *induktor* (L) dan *kapasitor* (C), yang disusun secara seri maupun paralel. Hambatan yang dihasilkan *resistor* disebut sebagai *resistansi*, hambatan yang dihasilkan oleh *induktor* biasa disebut *reaktansi induktif* yang disimbolkan dengan X_L , sedangkan hambatan yang dihasilkan oleh *kapasitor* disebut *reaktansi kapasitif* yang disimbolkan dengan X_C . Metode penyelesaian suatu rangkaian listrik dapat diselesaikan dengan menggunakan *Transformasi Laplace* yang berkaitan dengan menggunakan perangkat lunak SCILAB. SCILAB merupakan perangkat lunak yang bersifat *open source* dan dapat dijalankan pada sistem operasi Windows, Mac dan Linux.

Keywords: PID, RLC, SCILAB

LATAR BELAKANG

Ilmu fisika merupakan ilmu mempelajari tentang perilaku alam dan melibatkan banyak persamaan matematika. Penggunaan matematika ini dimaksudkan untuk membuat model untuk mendeskripsikan perilaku alam tersebut. Penyelesaian persamaan tersebut dapat dilakukan secara analitik dan secara pendekatan numerik. Solusi analitik hanya bisa didapatkan untuk kasus-kasus yang sederhana, tetapi konsep dasar untuk mendapatkannya sangat penting sebagai perbandingan untuk solusi numerik (Anagnostopoulos, K.N., 2014.).

Kelebihan solusi numerik adalah dapat diaplikasikan untuk sistem yang lebih rumit dan perhitungannya dapat dilakukan bantuan komputer dan perangkat lunak tertentu. Terdapat banyak perangkat lunak yang telah menyediakan penyelesaian persamaan matematika seperti MATLAB, Mathematica, Octave dan SCILAB.

Sistem kontrol atau sistem kendali memiliki peran yang sangat penting dalam setiap penerapan teknologi dalam kehidupan. Manusia memerlukan

kendali pada mesin-mesin untuk memperoleh hasil sesuai keinginan. Namun, adakalanya manusia tidak selalu dapat hadir mengontrol mesin. Karena itulah, sistem kendali otomatis dikembangkan. Kerja signifikan tentang kontrol otomatis pertama kali diperkenalkan oleh James Watt berupa sentrifugal pengatur kecepatan dari suatu mesin uap pada abad delapan belas. Selain itu, juga terdapat hasil kerja Minorsky, Hazen, dan Nyquist pada waktu yang hampir bersamaan. Pada tahun 1922, Minorsky mengerjakan pengontrol stir kapal dan menunjukkan stabilitas kontrol. Pada 1932, Nyquist mengembangkan prosedur sederhana dalam penentuan stabilitas sistem lup tertutup berdasarkan respon yang diketahui pada sistem lup terbuka terhadap input sinusoidal dengan kondisi tetap. Pada tahun 1934, Hazen, yang memperkenalkan istilah servomekanik untuk sistem kendali posisi mendiskusikan desain relai servomekanik yang mampu mengimbangi input yang terus berubah.

Salah satu sistem kendali yang banyak digunakan di industri adalah pengontrolan PID

(Proporsional Integral dan Derivatif). Kendali PID merupakan gabungan dari tiga macam kendali, yaitu pengendali proporsional (Proportional Controller), pengendali integral (Integral Controller), dan pengendali turunan (Derivative Controller). Ketiga parameter P, I dan D tersebut masing-masing memiliki aksi berbeda terhadap respon sistem dan dipengaruhi oleh konstanta – konstanta pengendalinya (K_p , K_i , dan K_d).

Metode Transformasi Laplace (*Laplace Transformation*) merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial, yang memetakan masalah nilai awal ke dalam suatu persamaan aljabar atau suatu sistem persamaan. Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh *Pierre Simon Marquas De Laplace* (1749 – 1827) seorang matematikawan Perancis dan seorang guru besar di Paris. Kelebihan metode transformasi Laplace adalah bahwa metode ini memungkinkan penggunaan teknik grafis untuk meramal kinerja sistem tanpa menyelesaikan persamaan diferensial sistem. Kelebihan lain metode transformasi Laplace adalah diperolehnya secara serentak baik komponen transien maupun komponen keadaan tunak. Dengan metode transformasi Laplace akan dihasilkan solusi khusus

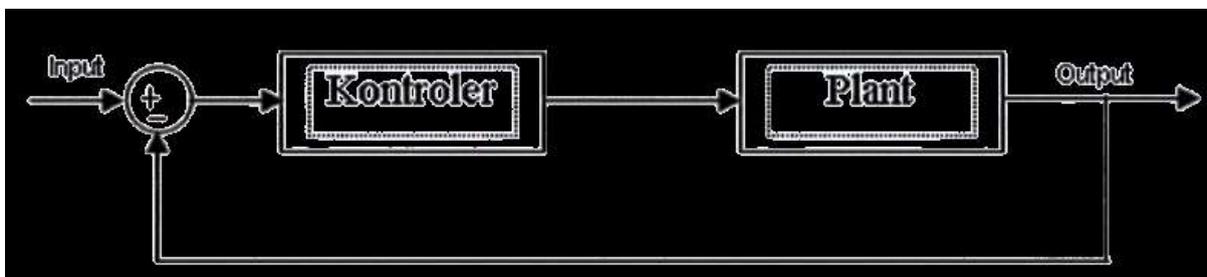
secara langsung sesuai dengan kondisi masalah nilai awal yang diberikan.

Rangkaian listrik adalah suatu kumpulan elemen atau komponen listrik yang saling dihubungkan dengan cara-cara tertentu dan paling sedikit mempunyai satu lintasan tertutup. Suatu rangkaian listrik dapat dimodelkan ke dalam suatu persamaan diferensial, yaitu persamaan diferensial orde dua koefisien konstan. Oleh sebab itu, solusi rangkaian listrik tersebut dapat ditentukan dengan menggunakan transformasi Laplace.

Pada artikel ini, akan diberikan penjelasan tentang sistem kontrol PID, perumusan persamaan matematikanya dengan metode transformasi Laplace dan penyelesaiannya secara numerik dengan menggunakan aplikasi SCILAB.

SISTEM KONTROL PID

Sistem kontrol PID merupakan sistem kontrol yang paling banyak digunakan. Hal ini disebabkan karena sistem ini merupakan sistem kontrol loop tertutup yang cukup sederhana dan kompatibel dengan sistem kontrol lainnya sehingga dapat dikombinasikan dengan sistem kontrol lain seperti *Fuzzy control*, *Adaptif control* dan *Robust control*.



Gambar 1. Diagram blok sistem kontrol umpan balik

Fungsi alih $H(s)$ pada sistem kontrol PID merupakan besaran yang nilainya tergantung pada nilai konstanta dari sistem P, I dan D. Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$H(s) = \frac{K_p s^2 + K_p s + K_i}{s^3 + K_p s^2 + K_p s + K_i}$$

Sistem kontrol PID terdiri dari tiga buah cara pengaturan yaitu kontrol P (*Proportional*), D

(*Derivative*) dan I (*Integral*), dengan masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Dalam implementasinya masing-masing cara dapat bekerja sendiri maupun gabungan diantaranya. Dalam perancangan sistem kontrol PID yang perlu dilakukan adalah mengatur parameter P, I atau D agar tanggapan sinyal keluaran sistem terhadap masukan tertentu sebagaimana yang diinginkan.

Tabel 1. Tanggapan sistem kontrol PID terhadap perubahan parameter

Tanggapan Loop Tertutup	Waktu Naik	Overshoot	Waktu Turun	Kesalahan Keadaan Tunak
Proporsional (Kp)	Menurun	Menurun	Perubahan Kecil	Menurun
Integral (Ki)	Menurun	Meningkat	Meningkat	Hilang
Derivative (Kd)	Perubahan Kecil	Menurun	Menurun	Perubahan Kecil

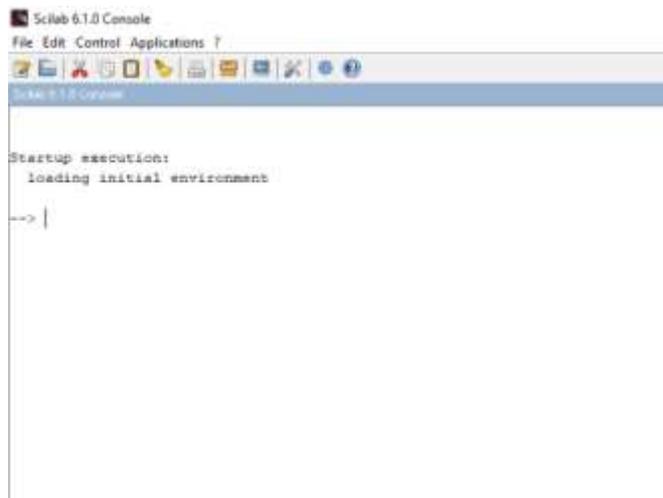
Parameter-parameter tersebut, tidak bersifat independen, sehingga pada salah satu nilai konstantanya diubah, maka kemungkinan sistem tidak akan bereaksi seperti yang diinginkan. Tabel di atas hanya dipergunakan sebagai pedoman jika akan melakukan perubahan konstanta. Untuk merancang suatu PID Controller, biasanya dipergunakan metode *trial & error*. Sehingga perancang harus mencoba kombinasi pengatur beserta konstantanya untuk mendapatkan hasil terbaik yang paling sederhana.

SCILAB

SCILAB merupakan perangkat lunak untuk komputasi numerik yang bersifat *open source* dan

dapat dijalankan pada sistem operasi Linux, Windows dan MacOS. Perangkat lunak ini memiliki fitur yang dapat menyelesaikan persoalan matematika yang berkaitan dengan (Baudin, M. 2010 dan <http://www.scilab.org>) :

- a. Matriks
- b. Persamaan Differensial Biasa
- c. Pengolahan Signal
- d. Statistik
- e. Optimalisasi
- f. Interpolasi dan extrapolation
- g. Polynomial



Gambar 2. Tampilan awal SCILAB

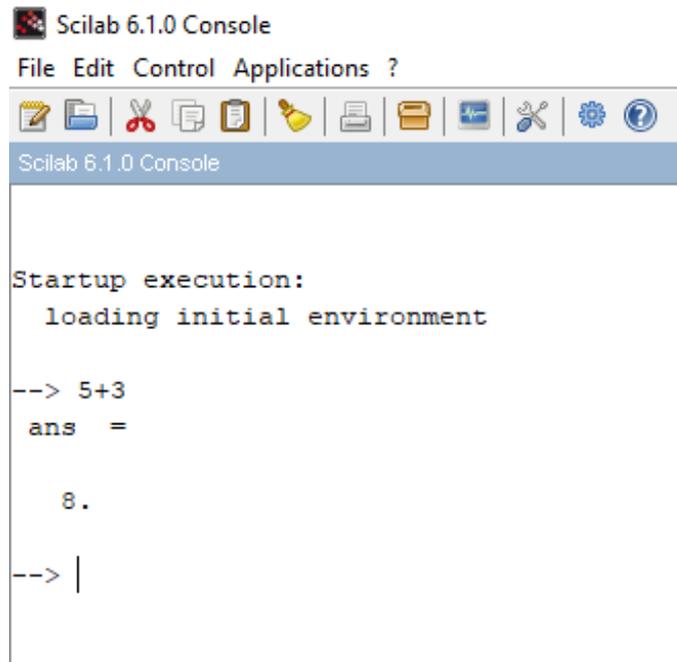
Fungsi untuk penyelesaian persoalan di atas sudah tersedia di SCILAB. Untuk persoalan yang sangat khusus, dapat dituliskan programnya dan dieksekusi oleh SCILAB. Tampilan awal ketika menjalankan SCILAB diberikan pada gambar 2 yang terdiri dari *file*

browser, *console* sebagai tempat untuk mengeksekusi program, *variabel browser* untuk menampilkan variabel yang digunakan dan *command history* untuk melihat perintah – perintah sebelumnya yang telah

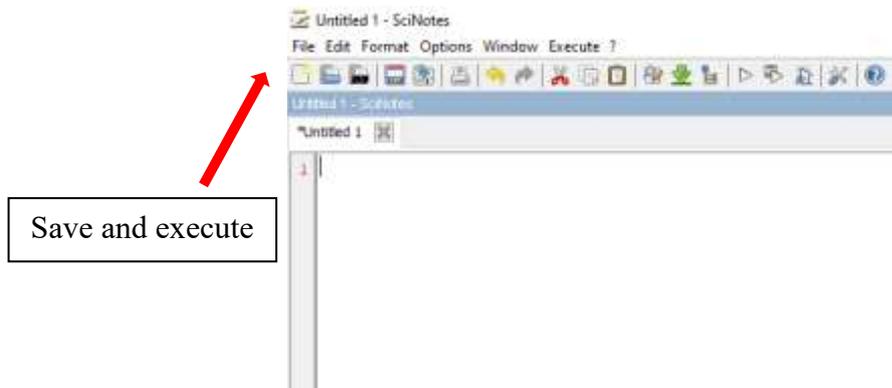
dieksekusi. Pada jendela *console* kita dapat menuliskan perintah perhitungan seperti pada gambar 3.

Untuk perhitungan yang lebih kompleks disarankan menggunakan *scinotes editor* dan untuk

membukanya klik logonya seperti yang ditunjukkan gambar 2. Adapun tampilan *scinotes editor* dan tombol untuk mengeksekusi programnya diberikan pada gambar 4.



Gambar 3. Perhitungan sederhana pada layar *console*



Gambar 4. Jendela *scinotes editor*

IMPLEMENTASI

Hadirnya *software* komputer sangat membantu perhitungan dan proses analisis tanggapan sistem terhadap sinyal masukan dan aksi pengontrolan. Berbeda dengan perhitungan manual yang rumit dan

lama, perhitungan dengan bantuan *software* komputer jauh lebih mudah dan cepat serta hasilnya juga tepat.

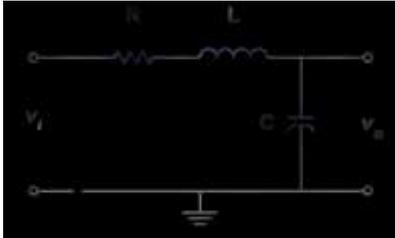
SCILAB merupakan salah satu *software* komputer yang dapat digunakan untuk analisis sistem kontrol. Untuk menganalisis suatu sistem, *software* hanya memerlukan masukan berupa fungsi alih yang



APCP

Applied Physics of Cokroaminoto Palopo

ditulis dalam Transformasi Laplace. Sebagai contoh, suatu sistem kontrol memiliki fungsi alih sebagai berikut.



Gambar 5. Sistem rangkaian listrik RLC

Model matematik sistem dinamik dapat dituliskan dengan menggunakan Hukum Kirchoff Arus dan Tegangan, sehingga menjadi:

$$V(i) = L \frac{di}{dt} + R(i) + \frac{1}{C} \int i dt$$

$$V_0 = \frac{1}{C} \int i dt$$

Fungsi alih dari model dinamik di atas dapat dilakukan dengan melakukan transformasi Laplace, sehingga didapat persamaan sebagai berikut.

$$V_i(s) = Lsi(s) + Ri(s) + \frac{1}{C} \frac{1}{s} i(s)$$

$$V_i(s) = Ls^2 i(s) + Rsi(s) + \frac{1}{C} i(s)$$

$$V_0 = \frac{1}{C} \frac{1}{s} i(s) = \frac{1}{C} i(s)$$

$$\text{Fungsi Alih} = \frac{V_0(s)}{V_i(s)} = \frac{1/C}{Ls^2 + Rs + 1/C}$$

Fungsi alih ini dapat dituliskan sebagai:

$$\frac{V_0(s)}{V_i(s)} = \frac{1}{LCs^2 + RCs + 1}$$

Dari fungsi alih inilah akan dicari tanggapan sistem terhadap sinyal masukan yang beragam. Tanggapan sistem yang baik dari suatu sistem kontrol mempunyai kriteria yaitu waktu naik cepat, minimasi *overshoot* dan minimasi kesalahan tunak. Adapun

langkah awal yang harus dilakukan untuk analisis dengan SCILAB adalah menentukan nilai R, L dan C (Misalkan $R = 100 \Omega$, $L = 20 H$, $C = 6250 \mu$) maka:

$$\frac{V_0(s)}{V_i(s)} = \frac{1}{0.125s^2 + 0.625s + 1}$$

Selanjutnya, kita masukkan nilai dari variabel – variabel tersebut dan beberapa fungsi alih ke dalam aplikasi SCILAB. Adapun perintahnya adalah sebagai berikut.

```
//fungsi transfer
R=100
C=0.00625
L=20
num=1
s=%s
denum=(L*C*s^2)+(R*C*s)+1
denum =
1 +0.625s +0.125s^2
ft=syslin('c',num,denum)
ft =
1
-----
1 +0.625s +0.125s^2
t=0:.01:2.5;
res=csim('step',t,ft);
plot(t,res)
xgrid(4)
```


Jika program tersebut dieksekusi maka akan didapatkan respon sistem terhadap fungsi transfer seperti pada gambar 8. Pada gambar 8 dapat dilihat bahwa untuk mencapai suatu kontrol yang baik sistem memerlukan waktu yang lama yaitu 1,8 s.

- **Kontrol proposional**

Karakteristik aksi pengontrolan Proporsional adalah mengurangi waktu naik, menambah *overshoot* dan mengurangi kesalahan keadaan tunak. Fungsi alih sistem dengan menambahkan aksi pengontrolan Proporsional.

Misalkan :

$Kp = 80$ maka

$$f_t = \frac{Kp}{LCs^2 + RCs + (1 + Kp)}$$

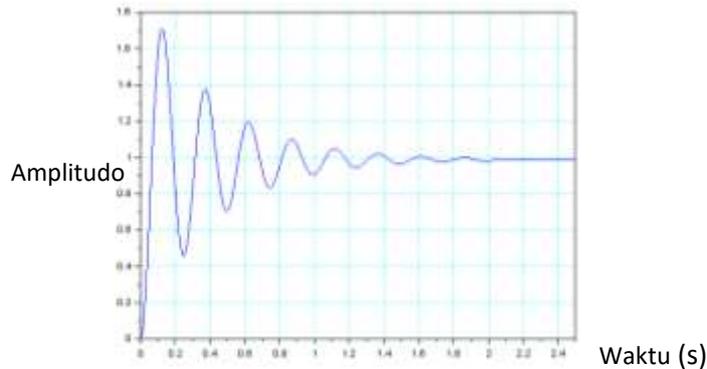
$$= \frac{80}{81 + 0.625s + 0.125s^2}$$

Adapun perintah dalam sistem adalah sebagai berikut.

```
Kp=80
num=Kp
denum=(L*C*s^2)+(R*C*s)+(1+Kp)
denum =
81 +0.625s +0.125s^2
tf_P=syslin('c',num,denum)
tf_P =
80
-----
81 +0.625s +0.125s^2
t=0:.01:2.5;
res=csim('step',t,tf_P);
plot(t,res)
xgrid(4)
```



Gambar 9. Perintah dan penyelesaian kontrol Proporsional



Gambar 10. Tanggapan sistem terhadap aksi control proporsional

Aksi kontrol proporsional dapat memperkecil waktu naik. Tetapi overshootnya besar.

- Kontrol Proporsional Differensial**

Fungsi alih sistem dengan aksi pengontrolan Proporsional Differensial adalah sebagai berikut.

Misalkan :

$$Kp = 80 \text{ dan } Kd = 10$$

Maka:

$$f_t = \frac{Kp + Kds}{(Lcs^2) + (RC + Kd)s + (1 + Kp)}$$

$$= \frac{80 + 10s}{81 + 10.625s + 0.125s^2}$$

Adapun perintah dalam sistem adalah sebagai berikut.

```
//proporsional differensial
```

```
Kp=80
```

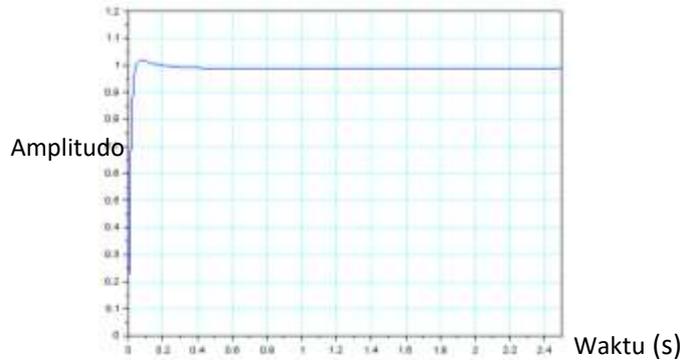
```
Kd=10
```

```
num=(Kp+Kd*s)
```

```
num =
80 +10s
denum=(L*C*s^2)+((R*C)+Kd)*s+(1+Kp)
denum =
81 +10.625s +0.125s^2
tf_PD=syslin('c',num,denum)
tf_PD =
      80 +10s
-----
      81 +10.625s +0.125s^2
t=0:.01:2.5;
res=csim('step',t,tf_PD);
plot(t,res)
xgrid(4)
```



Gambar 11. Perintah penyelesaian kontrol Proporsional Differensial



Gambar 12. Tanggapan sistem terhadap aksi kontrol Proporsional Differensial

Pada grafik terlihat bahwa penggunaan kontrol Proporsional Differensial dapat mengurangi *overshoot* dan waktu turun, tetapi kesalahan keadaan tunak tidak mengalami perubahan yang berarti.

• **Kontrol Proporsional Integral**

Fungsi alih sistem dengan aksi pengontrolan Proporsional Integral adalah sebagai berikut.

Misalkan:

$K_p = 10$ dan $K_i = 15$, maka:

$$f_t = \frac{K_i + K_p s}{(L C s^2) + (R C s) + (1 + K_p) s + K_i}$$

$$= \frac{15 + 10s}{15 + 11.625s + 0.125s^2}$$

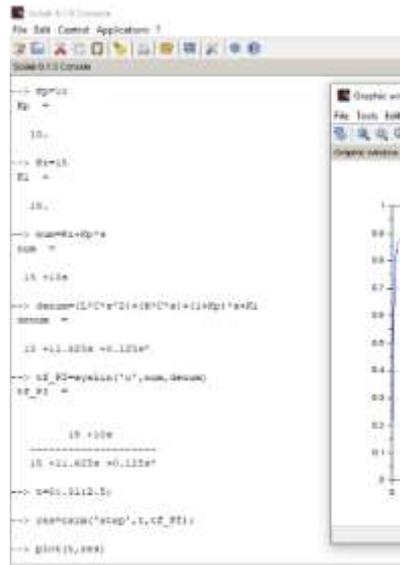
Adapun perintah dalam sistem adalah sebagai berikut.

//proporsional Integral

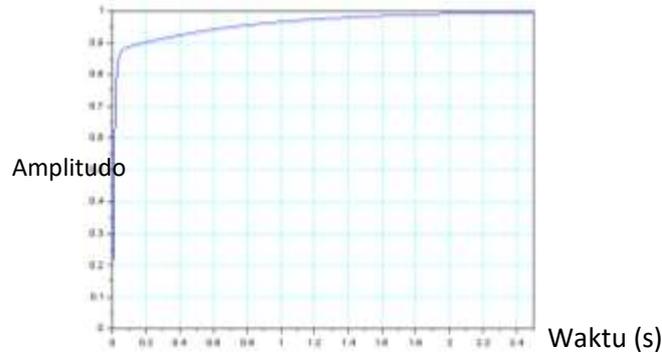
$K_p=10$

$K_i=15$

```
num=Ki+Kp*s
num =
    15 +10s
denum=(L*C*s^2)+(R*C*s)+(1+Kp)*s+Ki
denum =
    15 +11.625s +0.125s^2
tf_PI=syslin('c',num,denum)
tf_PI =
    -----
    15 +11.625s +0.125s^2
t=0:.01:2.5;
res=csim('step',t,tf_PI);
plot(t,res)
```



Gambar 13. Perintah penyelesaian sistem tertutup Proporsional Integral



Gambar 14. Tanggapan sistem terhadap aksi control Proporsional Integral

• **Kontrol Proporsional Integral Differensial**

Fungsi alih sistem dengan aksi pengontrolan Proporsional Integral Differensial adalah sebagai berikut.

Misalkan:

$Kp = 80; Ki = 90; Kd = 20$, maka

$$f_t = \frac{Kds^2 + Kps + Ki}{(Lcs^3) + ((RC) + Kd)s^2 + (1 + Kp)s + Ki}$$

$$= \frac{90 + 80s + 20s^2}{90 + 81s + 20.625s^2 + 0.125s^3}$$

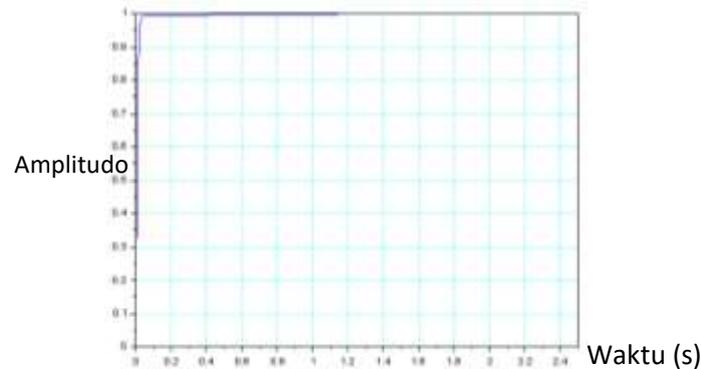
Adapun perintahnya adalah sebagai berikut.

```
//PID
Kp=80
Ki=90
Kd=20
num=(Kd*s^2)+(Kp*s)+Ki
```

```
num =
90 + 80s + 20s^2
denum=(L*C*s^3)+((R*C+Kd)*s^2)+(1+Kp)*s+Ki
denum =
90 + 81s + 20.625s^2 + 0.125s^3
tf_PID=syslin('c',num,denum)
tf_PID =
90 + 80s + 20s^2
-----
90 + 81s + 20.625s^2 + 0.125s^3
t=0:.01:2.5;
res=csim('step',t,tf_PID);
plot(t,res)
xgrid(4)
```



Gambar 15. Perintah penyelesaian sistem tertutup Proporsional Integral Differensial



Gambar 16. Tanggapan sistem terhadap aksi kontrol Proporsional Integral Differensial

Kontrol PID menghasilkan respon cepat, kesalahan tunaknya kecil dan tidak memiliki overshoot.

KESIMPULAN

Pada artikel ini dipaparkan cara penyelesaian perancangan sistem kontrol PID. Untuk mendapatka deskripsi lengkap tentang sistem kontrol PID dimulai dari menentukan fungsi alih kemudian menyelesaikan persamaan fungsi alih dengan metode transformasi

Laplace dan memvisualisasikan solusinya dengan menggunakan SCILAB.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada mahasiswa Program Studi Fisika yang telah membantu dalam pengambilan data dan pimpinan Universitas Cokroaminoto Palopo.

DAFTAR PUSTAKA

Ali, Muhammad. 2004. Pembelajaran Perancangan Sistem Kontrol PID dengan Software Matlab. *Jurnal Edukasi*. 1(1): 1-8.

Arifin, Muhammad Wakhid Mustafa, Sugiyanto. 2013. Aplikasi Transformasi Laplace pada Rangkaian Listrik. *Jurnal Fourier*. 2(1): 54-70.

Minggani, Fitriana. 2020. Analisis Solusi Model Rangkaian Listrik Menggunakan Metode Transformasi Laplace Modifikasi. *Jurnal Ilmiah Edukasi Matematika*. 8(1): 21-32.

Resti, Yunisa Ratna, Abdul Hoyyi, Rita Rahmawati. 2015. Pendekatan Model Fungsi Transfer *Multi Input* untuk Analisis Hubungan Antara Luas Panen dan Luas Tambah Tanam dengan Produksi Bawang Merah Jawa Tengah. *Jurnal Gaussian*. 4(3): 705-714.