

Kendali Kecepatan dan Posisi Motor DC

Priyova M. Rafief¹, Karunia Dini F.¹, Octsana Dhiyaa W.¹, Bodhi Setiawan¹

Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada¹

Praktikum Sistem Kendali Lanjut



UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Anggota Kelompok 1

Priyoya M. Rafief
(20/457197/SV/17644)

Bodhi Setiawan
(20/464239/SV/18558)

Karunia Dini F.
(20/464248/SV/18567)

Octsana Dhiyaa W.
(20/464253/SV/18572)

Dosen Pembimbing : Fahmizal, S.T., M.Sc.

Isi Pembahasan

- 1 Pengenalan Sistem
- 2 Pemodelan Sistem Motor DC
- 3 Perancangan Kendali PID Motor DC
- 4 Simulasi Kendali PID
- 5 Sistem Mekanikal dan Elektrikal
- 6 *Graphical User Interface (GUI)*
- 7 Penutup

Pengenalan Sistem

Feedback Educational Servo ES151

Feedback Educational Servo ES151 merupakan sebuah modul motor DC servo yang digunakan untuk edukasi dalam penerapan kendali posisi dan kendali kecepatan.

Pada modul ini potensiometer digunakan untuk kendali posisi, tachogenerator digunakan untuk kendali kecepatan, dan *rotary encoder* yang dapat digunakan untuk kendali posisi maupun kecepatan.

Pemodelan Sistem Motor DC

Struktur Fisik

Parameter:

- J : Momen inersia rotor ($Kg.m^2$)
- b : Koefisien gaya gesek viskos ($N.m.s$)
- Ke : Koefisien gaya elektromotif ($V/rad/sec$)
- Kt : Koefisien torsi motor ($N.m/Amp$)
- R : Resistansi kumparan (Ohm)
- L : Induktansi kumparan (H)

Struktur:

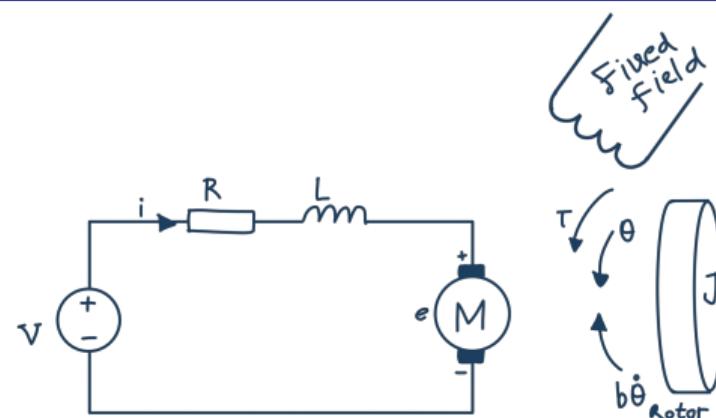
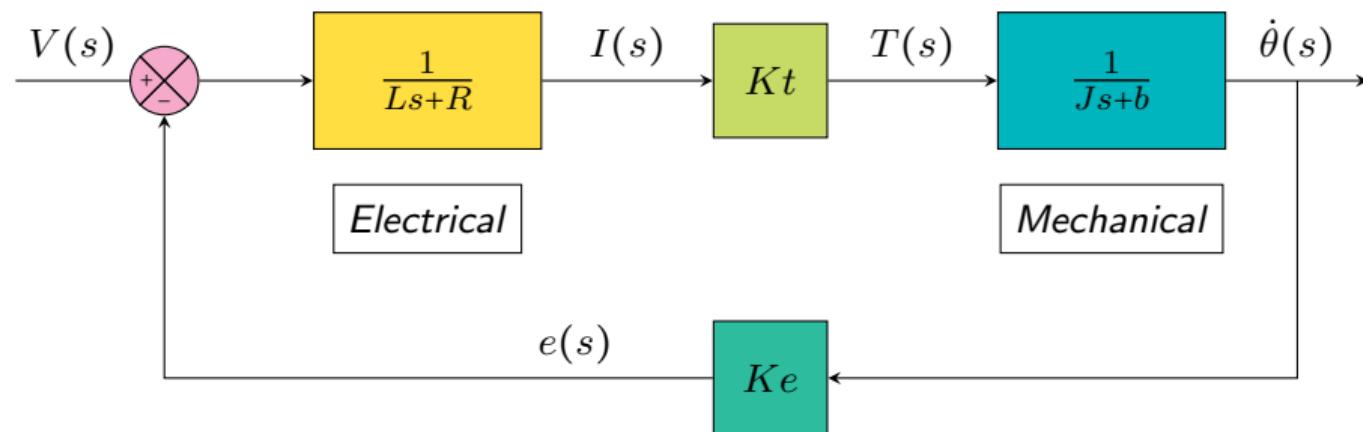


Diagram Blok Plant Motor DC

Struktur motor DC dengan parameter-parameter sebelumnya memiliki diagram blok sebagai berikut:



Fungsi Alih

Diagram blok *plant* motor DC menghasilkan persamaan fungsi alih berikut:

$$\frac{\dot{\theta}(s)}{V(s)} = \frac{Kt}{(Js + b)(Ls + R) + KtKe} \quad \left[\frac{\text{rad/sec}}{V} \right] \quad (1)$$

Persamaan di atas merupakan fungsi alih kecepatan motor DC. Dengan mengintegralkan fungsi alih tersebut, maka diperoleh fungsi alih untuk posisi motor DC:

$$\frac{\theta(s)}{V(s)} = \frac{Kt}{s((Js + b)(Ls + R) + KtKe)} \quad \left[\frac{\text{rad}}{V} \right] \quad (2)$$

State Space

Kecepatan:

$$\frac{\delta}{\delta t} \begin{bmatrix} \dot{\theta} \\ i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{b}{J} & \frac{Kt}{J} \\ -\frac{Ke}{L} & -\frac{R}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\theta} \\ i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{L} \end{bmatrix} V$$

$$y = [1 \quad 0] \begin{bmatrix} \dot{\theta} \\ i \end{bmatrix} \quad (3)$$

Posisi:

$$\frac{\delta}{\delta t} \begin{bmatrix} \theta \\ \dot{\theta} \\ i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & -\frac{b}{J} & \frac{Kt}{J} \\ 0 & -\frac{Ke}{L} & -\frac{R}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta \\ \dot{\theta} \\ i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{1}{L} \end{bmatrix} V$$

$$y = [1 \quad 0 \quad 0] \begin{bmatrix} \theta \\ \dot{\theta} \\ i \end{bmatrix} \quad (4)$$

Perancangan Kendali PID Motor DC

Apa Itu Kendali PID?

- **PID=Proportional-Integral-Derivative**
- Kendali mekanisme umpan balik yang biasanya dipakai pada sistem kontrol industri
- Secara kontinu menghitung nilai kesalahan sebagai beda antara setpoint yang diinginkan dan variabel proses terukur. Persamaan:

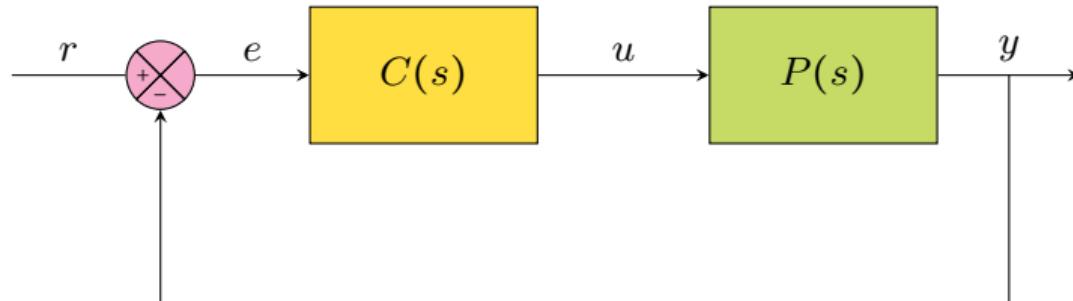
$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (5)$$

Mengapa Kendali PID?

Kendali PID berfungsi untuk meminimalkan nilai kesalahan (*error*) setiap waktu dengan penyetelan variabel kontrol, seperti posisi, kecepatan, damper, daya, dan lain sebagainya.

Contoh perbandingan sistem dengan dan tanpa PID:

Diagram Blok Kendali



Keterangan:

$C(s)$: Controller

$P(s)$: Plant

$r(s)$: Output yang diinginkan

$e(s)$: Nilai error

$u(s)$: Sinyal kendali

$y(s)$: Output sesungguhnya

Diagram Blok Kendali PID Motor DC: Kecepatan

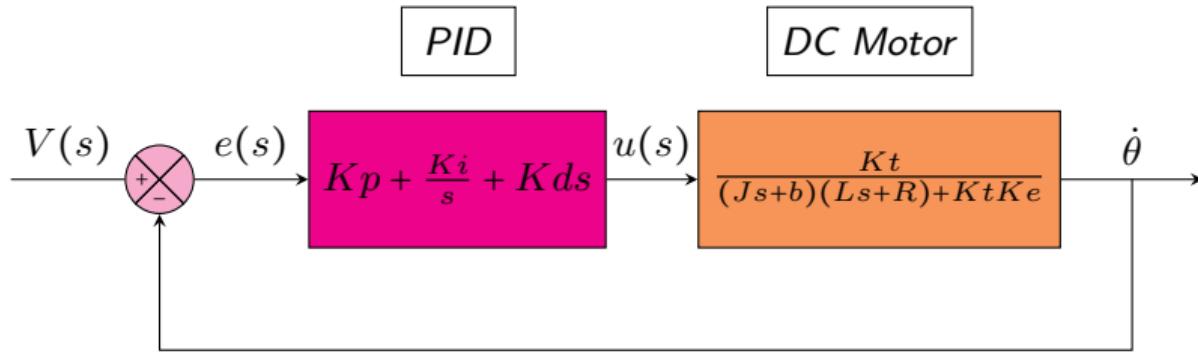
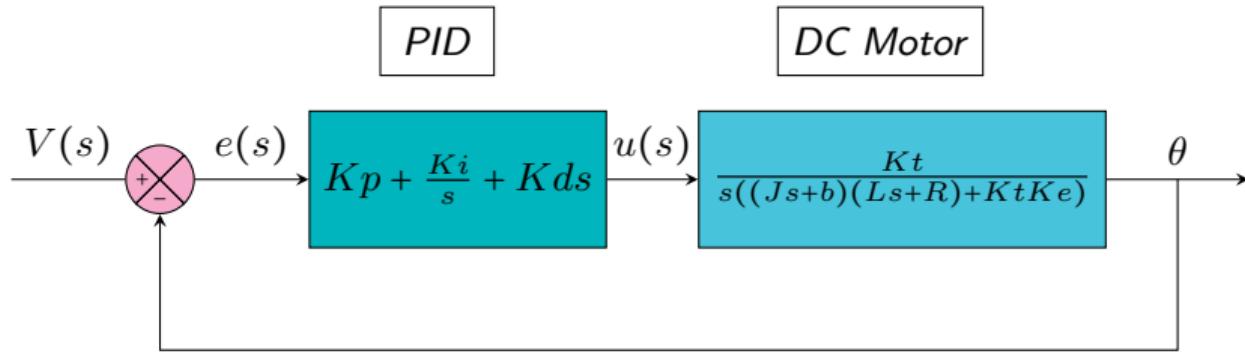


Diagram Blok Kendali PID Motor DC: Posisi



Simulasi Kendali PID

Uji Perbandingan Sistem *Open-loop* dengan *Closed-loop* Motor DC

Program *Open-loop*:

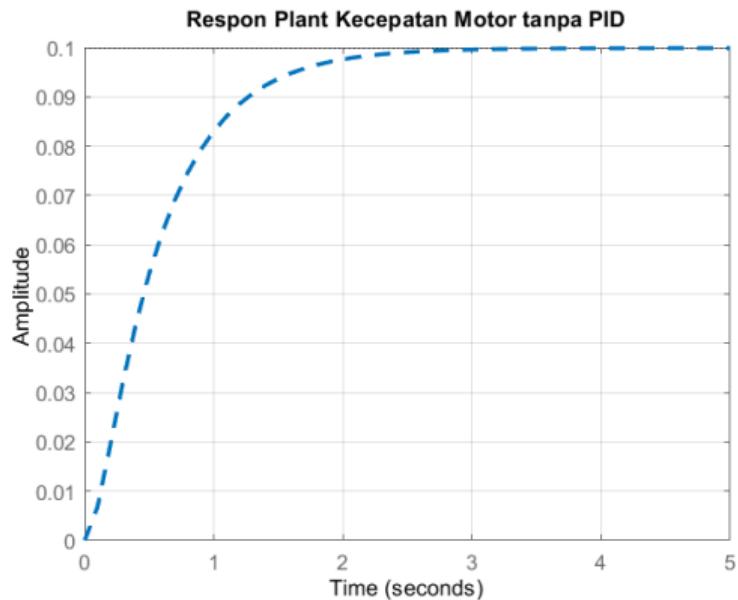
```
J = 0.01;
b = 0.1;
Kt = 0.01;
Ke = 0.01;
R = 1;
L = 0.5;
s = tf('s');
P_motor = Kt/((J*s+b)*(L*s+R)+Kt*Ke);
rP_motor = 0.1/(0.5*s+1)
step(P_motor, 0:0.1:5);
grid
title('Respon Plant Kecepatan Motor tanpa PID')
```

Program *Closed-loop*:

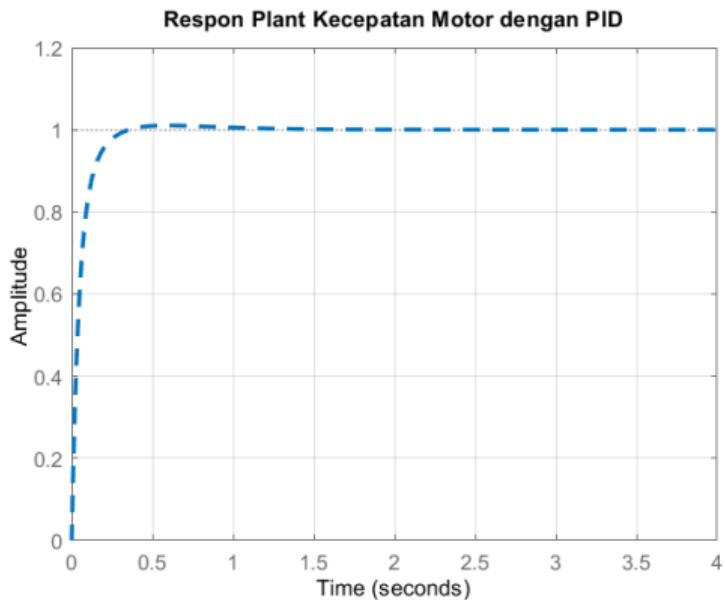
```
J = 0.01;
b = 0.1;
Kt = 0.01;
Ke = 0.01;
R = 1;
L = 0.5;
s = tf('s');
P_motor = Kt/((J*s+b)*(L*s+R)+Kt*Ke);
Kp = 100;
Ki = 200;
Kd = 10;
C = pid(Kp,Ki,Kd);
sys_cl = feedback(C*P_motor,1);
step(sys_cl, 0:0.01:4)
grid
title('Respon Plant Kecepatan Motor dengan PID')
```

Perbandingan Respon Sistem *Open-loop* dengan *Closed-loop* pada Motor DC

Hasil *Open-loop*:



Hasil *Closed-loop*:



Kendali PID: Posisi

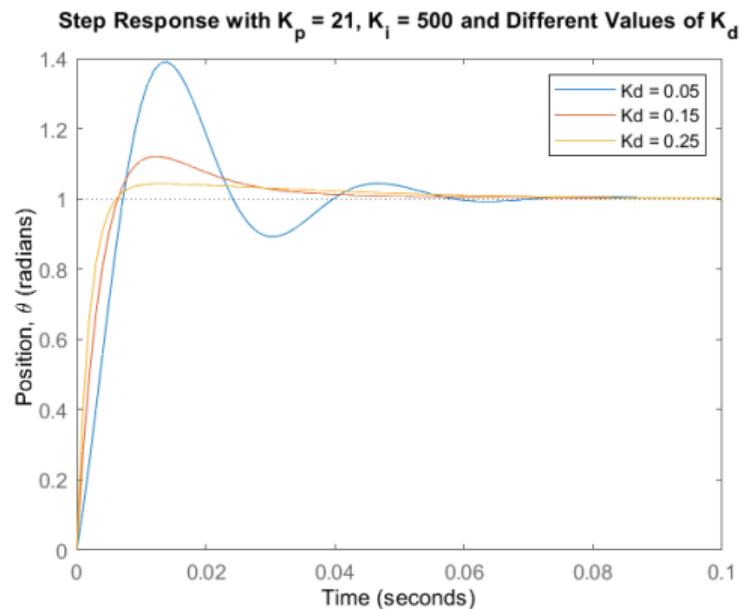
Program:

```
J = 3.2284E-6;
b = 3.5077E-6;
K = 0.0274;
R = 4;
L = 2.75E-6;
s = tf('s');
P_motor = K/(s*((J*s+b)*(L*s+R)+K^2));
Kp = 21;
Ki = 500;
Kd = 0.05;

for i = 1:3
    C(:,:,i) = pid(Kp,Ki,Kd);
    Kd = Kd + 0.1;
end

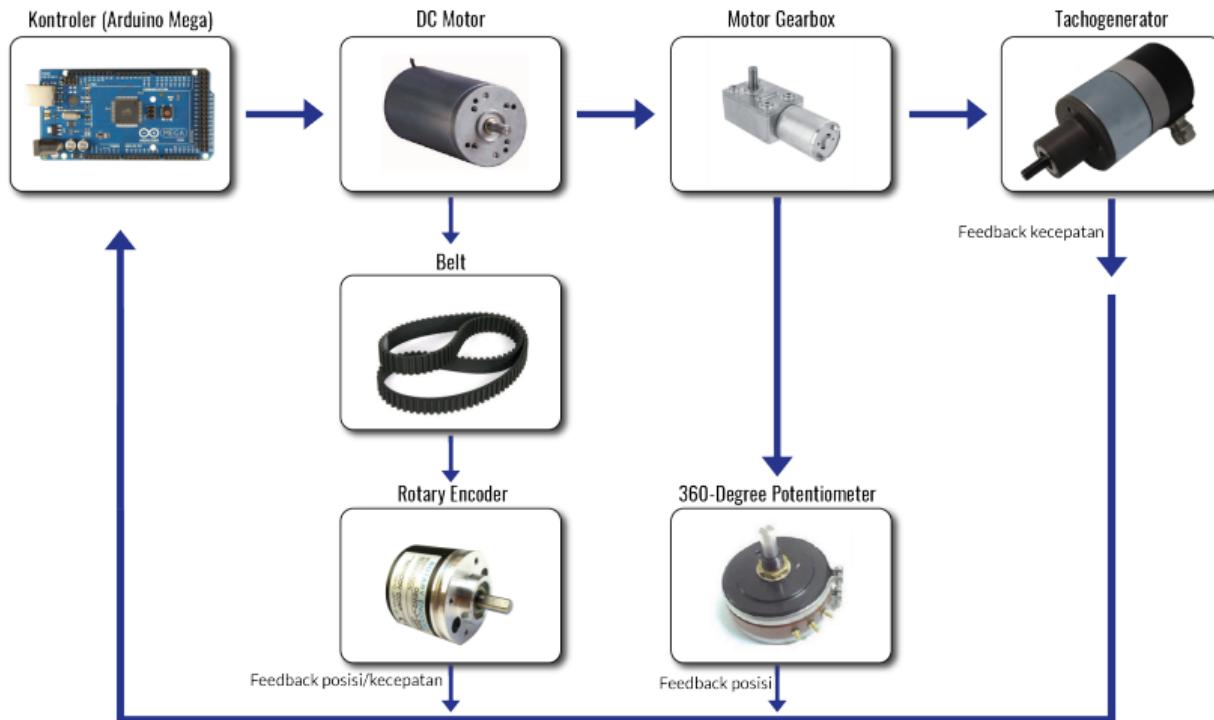
sys_cl = feedback(C*P_motor,1);
t = 0:0.001:0.1;
step(sys_cl(:,:,1), sys_cl(:,:,2), sys_cl(:,:,3), t)
ylabel('Position, \theta (radians)')
title('Step Response with K_p = 21, K_i = 500 and
        Different Values of K_d')
legend('Kd = 0.05', 'Kd = 0.15', 'Kd = 0.25')
```

Hasil:

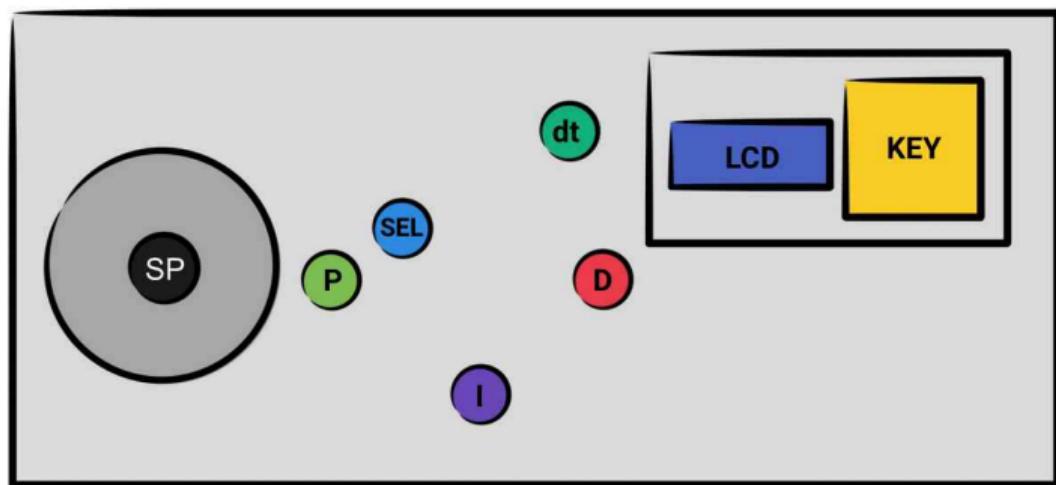


Sistem Mekanikal dan Elektrikal

Diagram Sistem



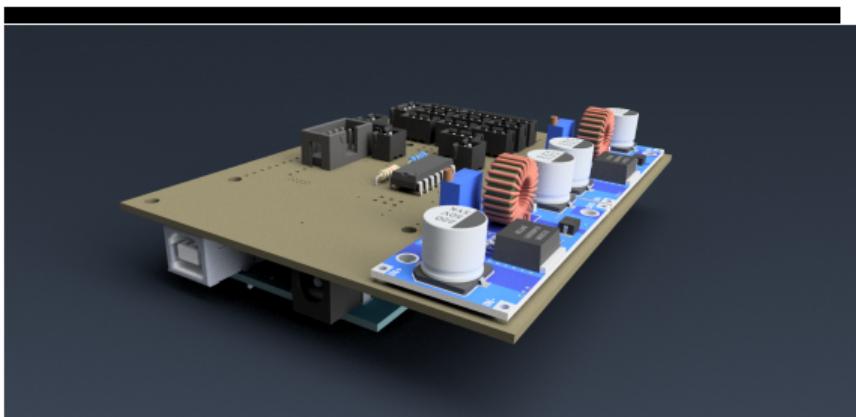
Panel Kendali



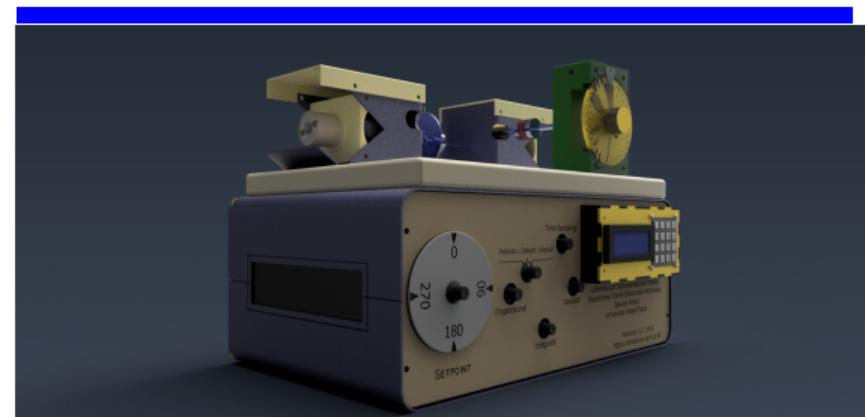
Input-Output	Fungsi
SP	Set Poin
P	Proporsional
I	Integral
D	Derivatif
SEL	Selector
dt	Time Sampling
LCD	LCD
KEY	Keypad

Desain *Hardware*

Desain Elektronis

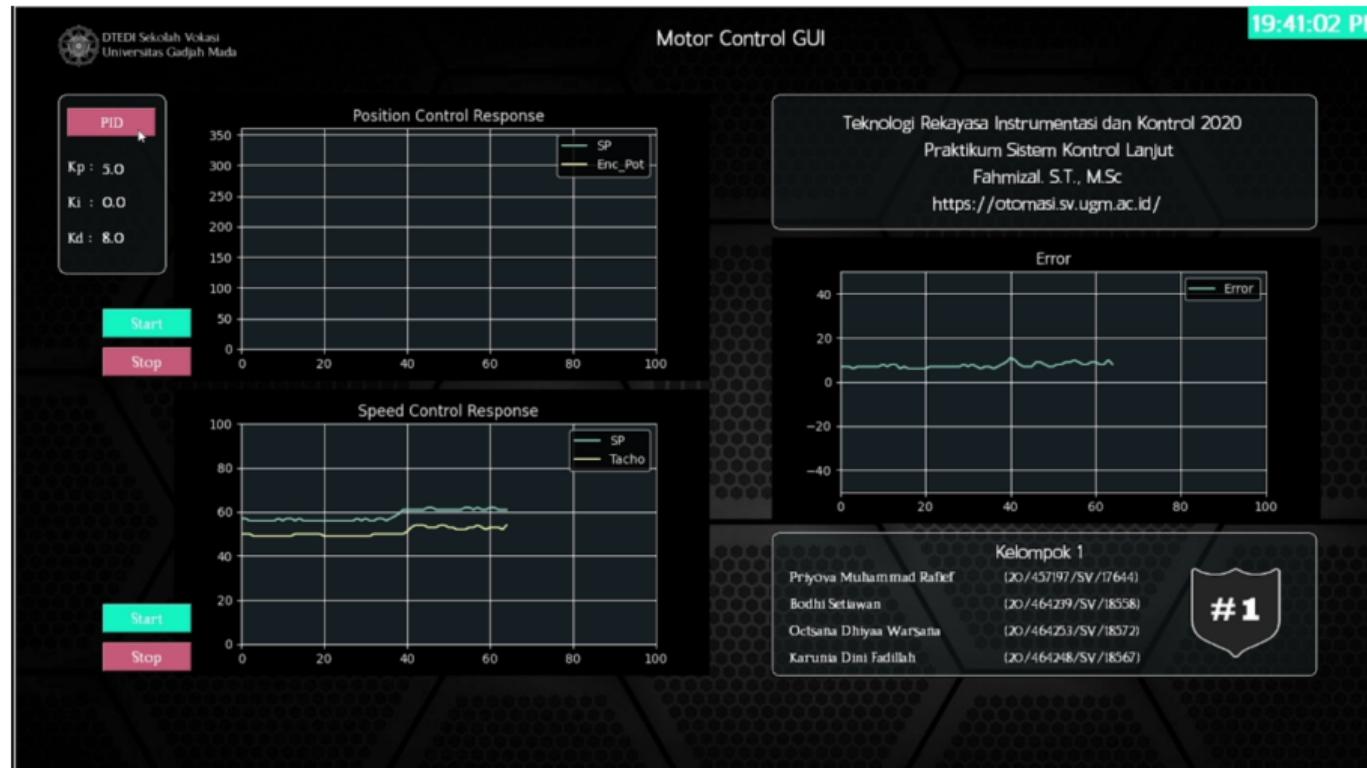


Desain Mekanis



Graphical User Interface (GUI)

GUI Menggunakan Python



Penutup

Kesimpulan

Dari percobaan-percobaan dan pembahasan-pembahasan yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan yaitu:

- ① Semua nilai potensio memiliki nilai maksimal ADC yaitu sebesar 671 sehingga diperlukan kalibrasi agar nilai nya sesuai dengan yang diinginkan. Kemudian pada pembacaan tachogenerator hanya dapat membaca nilai pwm pada range 40 sampai 75 sehingga diperlukan penyesuaian pada nilai setpointnya.
- ② Pada GUI Python dapat menampilkan grafik kendali posisi dan kecepatan motor beserta dengan nilai *error* nya, akan tetapi penampilan data PID (K_p , K_i , K_d) pada GUI belum sesuai dengan yang diinginkan.
- ③ Pengembangan GUI menggunakan Python memiliki potensi keberlanjutan yang sangat besar karena *library-library* yang dapat digunakan sangat beragam. Oleh karena itu, GUI dapat ditingkatkan lagi dengan berbagai fitur baru sesuai dengan kebutuhan.

Daftar Pustaka

- Control Tutorial for Matlab & Simulink. <https://ctms.engin.umich.edu/CTMS/index.php?example=Introduction§ion=SystemModeling>
- Proportional-Integral-Derivative (PID) Controllers. <https://www.mathworks.com/help/control/ug/proportional-integral-derivative-pid-controllers.html>



Visit us on <https://otomasi.sv.ugm.ac.id/>