

## ANALISA PERANCANGAN PENGENDALI PID DENGAN METODE ZIEGLER NICHOLS PADA MOTOR DC

Vonny Angelli<sup>1</sup>, Gema Anwari Siregar<sup>1</sup> dan Fajar Irianto<sup>1</sup>  
Sitti Amalia<sup>1</sup>, Andi M Nur Putra<sup>1</sup> dan Sepannur Bandri<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang  
Jl. Gajah Mada Jl. Kandis Raya, Kp. Olo, Kec. Nanggalo, Kota Padang, Sumatera Barat 25173

\*Email : 2018310047.vonny@itp.ac.id

### Abstrak

*Tujuan penelitian ini yaitu menerapkan metode Ziegler Nichols (ZN) untuk pendugaan atau tuning parameter motor DC dan tipe spesifikasi motor menggunakan kontroler PID. Kemudian membandingkan metode tersebut untuk mendapatkan hasil terbaik. Simulasi akan menampilkan hasil peningkatan performa DC dalam bentuk grafik dan hitungan matematis. Salah satu software untuk simulasi adalah MATLAB. Parameter-parameter PID ditentukan berdasarkan osilasi dan reaksi sistem saat dikendalikan dengan umpan balik relay dan tetapan parameter-parameter yang telah ditetapkan Ziegler Nichols secara empiris. Setelah melakukan penelitian maka akan didapatkan nilai-nilai, jika hasil nilai settling time semakin tinggi maka sistem tidak pernah mencapai kestabilan dan juga menyebabkan tingginya nilai rise time. Setelah itu dilakukan perbaikan dengan PID dan metode Ziegler Nichols sampai kurva berjalan secara steady state atau keseimbangan. Hasil simulasi motor DC Pitman menunjukkan nilai  $K_p = 0.00157$ ,  $K_i = 2.10$  dan  $K_d = 0.0029$ . Hasil dari parameter kendali yang dirancang memiliki Rise Time = 0.00491 seconds, Settling Time = 3.75 seconds, Over Shoot = 98.5 % Peak Time = 1.98. Kecepatan awal yang dihasilkan mendekati set point yang diinginkan pada detik kedua dan kecepatannya tidak ada penurunan atau tetap konstan sampai dengan detik ke 100.*

*Kata Kunci : Motor DC, PID, Ziegler Nichol*

### 1. PENDAHULUAN

Pada saat ini motor DC masih jarang terpakai di Indonesia, contohnya banyak perahu-perahu di Indonesia yang belum menggunakan motor listrik sebagai penggerak. Motor diesel tidak hanya mengkonsumsi bahan bakar, tetapi juga menyebabkan polusi udara sebagai akibat dari emisi gas buang dari motor. Efisiensi motor diesel terbilang rendah. Selain itu, motor diesel juga menimbulkan getaran-getaran dan suara bising. Oleh sebab itu, hanya tersisa sedikit energi yang terkonversi menjadi energi gerak. Berbeda halnya dengan motor listrik DC, rugi-rugi energi yang paling utama pada motor listrik DC adalah energi panas. Lima tahun lagi, mobil listrik diperkirakan akan kompetitif seperti kendaraan bermotor bensin atau diesel (Habibi dan Purnomo 2014).

Motor DC merupakan sebuah alat yang bekerja secara elektromagnetis dengan mengubah energi listrik arus searah (DC) menjadi energi gerak. Prinsip kerja motor DC berdasarkan gaya Lorentz yang menyatakan jika sebatang penghantar listrik berarus berada didalam medan magnet maka akan timbul gaya magnetik atau gaya Lorentz. Motor DC dipilih sebagai mesin penggerak dikarenakan mempunyai kelebihan yaitu mudah digerakkan untuk dua arah putaran (reversible) hanya dengan mengubah polaritas baterai. Untuk mengatur kecepatan motor DC dibutuhkan sebuah *controller* yang didalamnya terdapat rangkaian driver MOSFET, PWM generator, inverter (untuk motor BLDC) dan data logger (Habibi dan Purnomo 2014).

Pada penelitian ini menggunakan metode PID untuk memperbaiki kesalahan dalam hitungannya. Umumnya ada dua variabel yang dikendalikan pada motor DC yaitu posisi sudut atau kecepatan sudut. Kendali posisi sudut motor DC membuat motor DC pada berputar pada sudut tertentu contohnya adalah sudut 60 derajat atau sudut 90 derajat (Mila Diah Ika Putri, Ma'arif, and Riky Dwi Purianto 2022). Sementara kendali sudut motor DC membuat motor DC berputar secara konstan pada kecepatan sudut tertentu baik dalam RPM atau RPS. Pada penelitian ini akan diusulkan pengendali *Proporsional Integral Derivatif* untuk mengendalikan putar motor DC. Pengendali PID sangat luas penggunaannya di industri maupun robotika. Selain itu pengendali ini memiliki persamaan sederhana dan memiliki respon

tanggapan yang cepat. Salah satu permasalahan pada pengendali PID adalah penentuan parameter PID (Syahrial, 2013).

Metode penalaan PID berumpan balik dengan pengendali *relay*, pengembangan metode Ziegler-Nichols, merupakan metode penalaan PID otomatis yang juga banyak digunakan pada bidang industri. Parameter-parameter PID ditentukan berdasarkan osilasi sistem saat dikendalikan dengan umpan balik *relay* dan tetapan parameter-parameter yang telah ditetapkan Ziegler-Nichols secara empiris (Braun 2020).

Motor DC merupakan motor yang saat ini banyak digunakan untuk proses produksi dalam industri, karena mudah untuk diaplikasikan. Motor DC sering digunakan pada pemakaian yang memerlukan rentang kecepatan yang lebar. Selain itu, motor DC juga mempunyai kekurangan yaitu dalam hal pengaturan kecepatan dan besarnya saat putaran awal (Rosalina, Qosim, and Mujirudin 2017). Oleh karena itu untuk menekan tingginya overshoot pada putaran awal motor perlu dilakukan pengaturan sehingga kecepatan motor sesuai dengan set poin yang diinginkan dengan risetime yang tinggi dan overshoot yang lebih kecil. PID (Proportional Integral Derivative) merupakan salah satu kontroler untuk mengatur kecepatan motor. Kontrol PID mempunyai kelebihan – kelebihan tertentu untuk mengatur putaran motor yaitu kontrol proporsional mempunyai kelebihan risetime yang cepat, kontrol integral mempunyai kelebihan untuk memperkecil error, dan kontrol derivative mempunyai kelebihan untuk meredam overshoot / undershoot. Untuk itu agar dapat menghasilkan output dengan risetime yang tinggi dan error yang kecil kita dapat menggabungkan ketiga kontrol tersebut.

Tujuan penelitian ini yaitu menerapkan metode Ziegler Nichols (ZN) untuk pendugaan atau *tuning* parameter motor DC dan tipe spesifikasi motor menggunakan kontroler P, PI, dan PID. Kemudian membandingkan metode tersebut untuk mendapatkan hasil terbaik. Simulasi adalah suatu proses yang menyerupai keadaan sebenarnya di mana digunakan untuk mencari hasil yang terbaik dari eksperimen meliputi beberapa variabel. Simulasi dapat menjadi input variabel tertentu untuk melihat bagaimana pengaruh masing-masing variabel terhadap hasil proses simulasi. Simulasi akan menampilkan hasil peningkatan performa DC dalam bentuk grafik dan hitungan matematis. Salah satu *software* untuk simulasi adalah MATLAB. MATLAB dipilih karena kesederhanaan dan ketahanan program yang baik. MATLAB dapat digunakan dalam pengaturan kecepatan PMDC. Terdapat fitur pada MATLAB Simulink yang dapat menampilkan respon keluaran sistem yang telah dibuat.

Dari permasalahan yang timbul dan penelitian yang sudah dilakukan, maka penelitian ini akan membahas mengenai Perancangan Simulasi Pengendali PID Dengan Metode Ziegler Nichols Pada Motor DC.

## 2. METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan adalah Studi Literatur. Dengan cara mengumpulkan, mempelajari berkas-berkas, dokumen yang ada di perpustakaan serta jurnal-jurnal penunjang motor DC. Selanjutnya referensi dan teori-teori tersebut bisa diaplikasikan pada tugas akhir ini. Dengan spesifikasi data yang didapatkan yaitu :

**Tabel 1. Spesifikasi Motor DC Pitman**

.1	Model	.2	PITMAN Series GM 9000 type GM9X33
.3	No-Load Speed	.4	5993 rpm
.5	No-Load Current	.6	0,20 A
.7	Konstanta Amplifier (KA)	.8	10 N-m/A
.9	Konstanta torsi Motor (KT)	.10	4,20 Nm/A
.11	Back-EMF Kosntan (Kb)	.12	3,10 (V/krpm)
.13	Momen Inersia (J)	.14	4,46 x 10 <sup>-6</sup> kg/m <sup>2</sup>
.15	Induktansi jangkar (La)	.16	2,08 mH = 2,08 x 10 <sup>6</sup> H = 2.080.000 H
.17	Resistansi (Ra)	.18	2,53 ohm

Rumus yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

$$G_u = \frac{K_t}{(L_a J)s^2 + (R_a J + L_a)s + (R_a + K_e K_t)} \quad (1)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Mencari Fungsi Alih Pada Motor DC

$$G_u = \frac{K_t}{(L_a J)s^2 + (R_a J + L_a)s + (R_a + K_e K_t)}$$
$$G_u = \frac{4,20}{4,46 \times 10^{-6} \cdot 2,08}$$
$$G_u = \frac{4,20}{s^2 + s((2,08) + 4,46 \times 10^{-6} \cdot 2,53) + ((2,53) + 3,10 \cdot 4,20)}$$
$$G_u = \frac{4,20}{9,2768 \times 10^{-6}}$$
$$G_u = \frac{4,20 \times 10^{-6}}{s^2 + s((2,08) + 0,000112838) + 15,55}$$
$$G_u = \frac{9,2768}{s^2 + s(2,080) + 15,55}$$
$$G_u = \frac{45274}{s^2 + 2,080 s + 15,55}$$

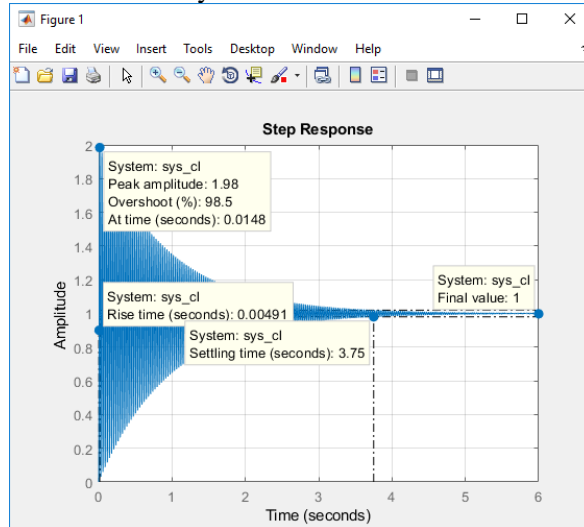
Kemudian dari hasil pemodelan matematis tadi, maka didapatkanlah fungsi alih dari motor dc yang kita gunakan yaitu :  $G_u = \frac{45274}{s^2 + 2,080 s + 15,55}$

#### 3.2 Mencari Bentuk Sinyal Di Matlab

##### 1. Listing Program

```
clc
clear all
lose all
close all hidden
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka
num_ol = [ 45274 ];
den_ol = [ 1 2.080 15.55 ];
sys_ol = tf (num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
step (sys_cl)
grid on
```

## 2. Hasil Sinyal



```

sys_ol =

          45274
-----
      s^2 + 2.08 s + 15.55

Continuous-time transfer function.

```

**Gambar 1. Hasil Running**

Dari gambar 1 dapat dilihat bahwa respon sistem dari motor DC sangat tidak stabil, yang mana masih terdapat banyak osilasi serta nilai overshoot yang sangat tinggi yaitu 98.5 %, dan untuk settling time nya yaitu 3.75 second. Berdasarkan permasalahan tersebut, sesuai dengan tujuan awal skripsi ini kami akan menggunakan pengendali PID untuk menghilangkan overshoot yang tinggi, mengurangi osilasi serta mempercepat respon waktu naik dari sistem.

### 3.3 Hitungan Manual Data Hasil Running Program Matlab

**Tabel 2. Data Respon Sistem Motor Dc Pitman**

<b>.19</b>	Rise Time	<b>.20</b>	0.00491 seconds
<b>.21</b>	Settling Time	<b>.22</b>	3.75 seconds
<b>.23</b>	Over Shoot	<b>.24</b>	98.5 %
<b>.25</b>	Peak Time	1.98	

$$L = \text{Settling Time} - \text{Rise Time}$$

$$L = 3.75 - 0.00491$$

$$L = 3.745$$

Menghitung Nilai Kp

$$K_p = 1.2 \times T / L$$

$$= 1.2 \times 0.00491 / 3.745$$

$$= 0.00157$$

Menghitung Nilai Ti

$$T_i = 2 \times L$$

$$= 2 \times 3.745$$

$$= 7.49$$

Menghitung Nilai Td

$$T_d = 0.5 \times L$$

$$= 0.5 \times 3.745$$

$$= 1.8725$$

d. Menghitung Nilai Ki

$$K_i = K_p / T_i$$

$$= 0.00157 / 7.49$$

$$= 2.10$$

e. Menghitung Nilai Kd

$$K_d = K_p \times T_d$$

$$= 0.00157 \times 1.8725$$

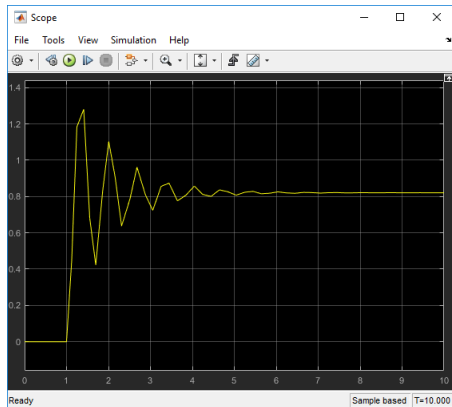
$$= 0.0029$$

### 3.4 Percobaan Simulasi

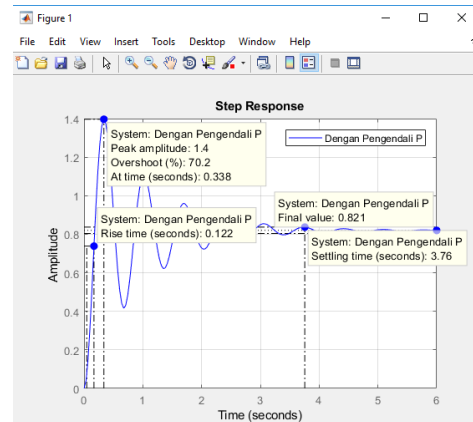
#### a. Percobaan Simulasi $K_p = 0.00157$



Gambar 2. Diagram Blok Pengendali  $K_p$



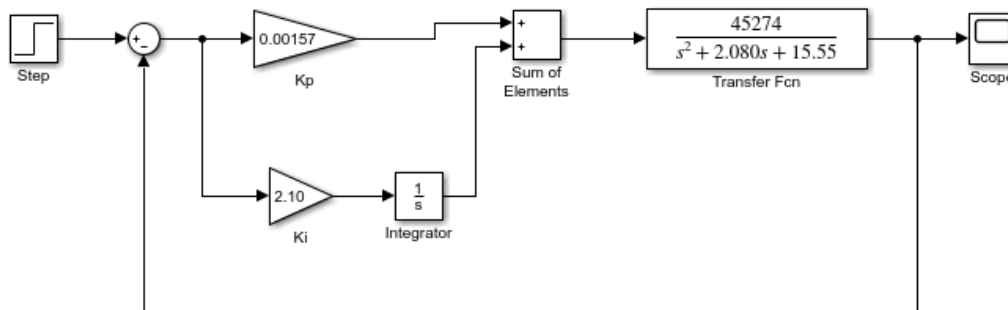
Gambar 3. Respon Sistem Diagram Blok



Gambar 4. Respon Sistem Matlab

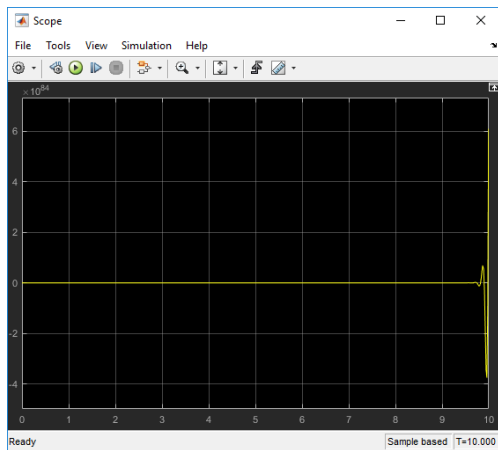
Dari gambar 2, 3 dan 4 dapat dilihat bahwa respon sistem dari motor DC pada percobaan  $P = 0.00157$  sangat tidak stabil, yang mana masih terdapat banyak osilasi serta nilai *overshoot* yang mulai turun dari gambar sebelumnya yaitu 70.2 %, untuk *settling time* yaitu 3.76 second dan nilai *rise time* yaitu 0.122 second.

#### b. Percobaan Simulasi $K_p = 0.00157$ dan $K_i = 2.10$

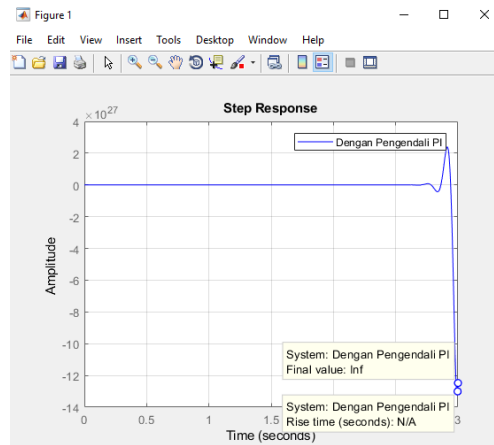


Gambar 5. Diagram Blok Pengendali  $K_p$  dan  $K_i$

Dari Gambar 5, 6 dan 7 dapat dilihat bahwa respon sistem dari motor DC pada percobaan  $P = 0.00157$  dan  $I = 2.10$  sangat tidak stabil, yang mana nilai *overshoot* *settling time* dan *rise time* tidak muncul dan terjadi error. Pengendali PI ini tidak cocok untuk motor DC Pitman.

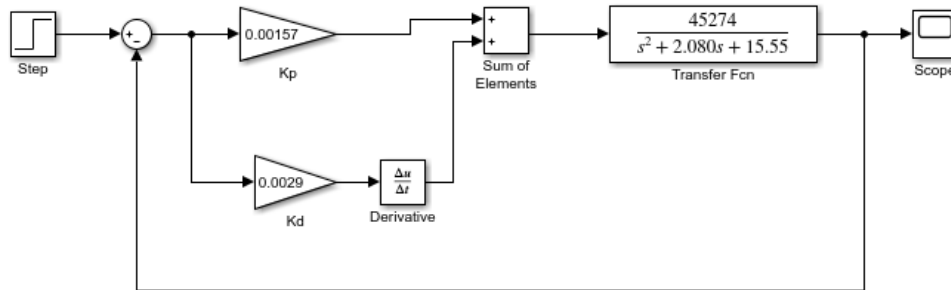


Gambar 6. Respon Sistem Diagram Blok

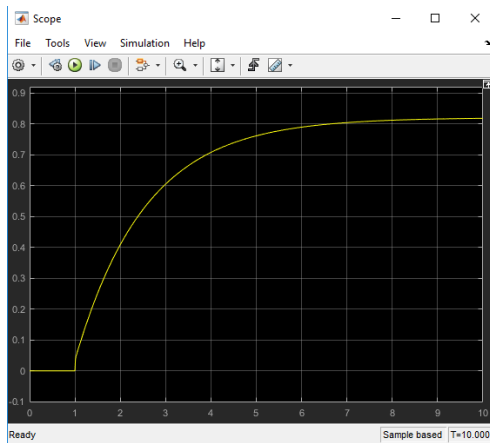


Gambar 7. Respon Sistem Matlab

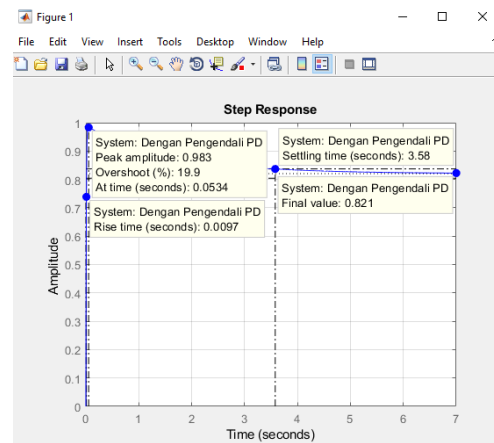
c. Percobaan Simulasi  $K_p = 0.00157$  dan  $K_d = 0.0029$



Gambar 8. Diagram Blok Pengendali  $K_p$  dan  $K_d$



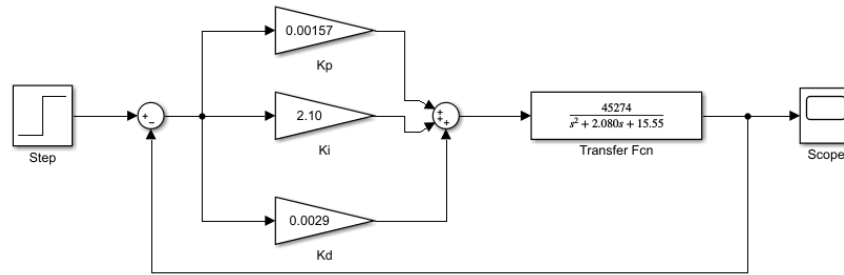
Gambar 9. Respon Sistem Diagram Blok



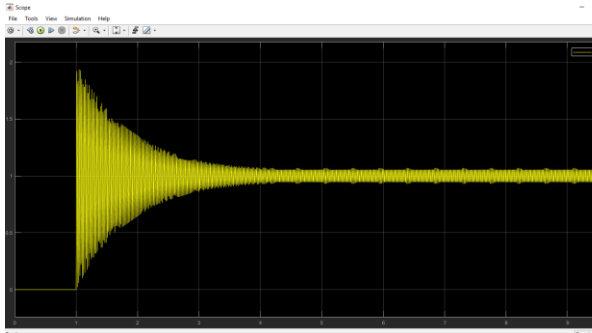
Gambar 10. Respon Sistem Matlab

Dari gambar 8, 9 dan 10 dapat dilihat bahwa respon sistem dari motor DC pada percobaan  $P = 0.00157$  dan  $D = 0.0029$  sangat tidak stabil, nilai *overshoot* yang mulai turun dari gambar sebelumnya yaitu 19.9%, untuk *settling time* yaitu 3.58 *second* dan nilai *rise time* yaitu 0.0097 *second*. Sinyal ini hamper mendekati kestabilan.

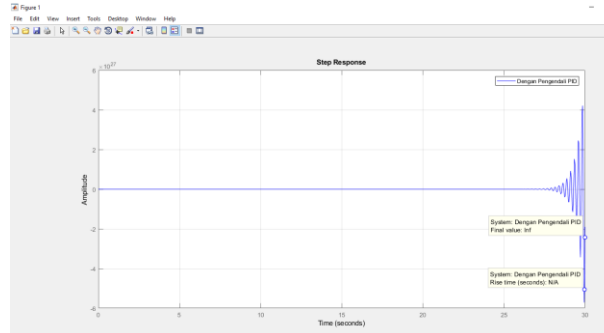
d. Percobaan Simulasi PID



Gambar 11. Diagram Blok Pengendali PID



Gambar 12. Respon Sistem Diagram Blok

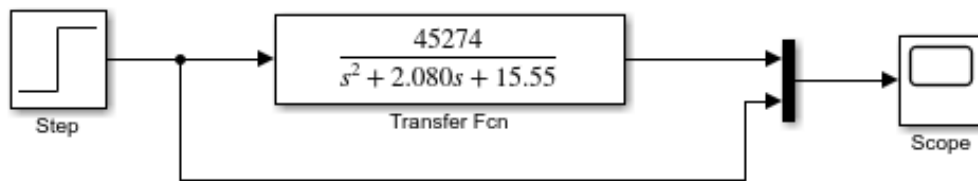


Gambar 13. Respon Sistem Matlab

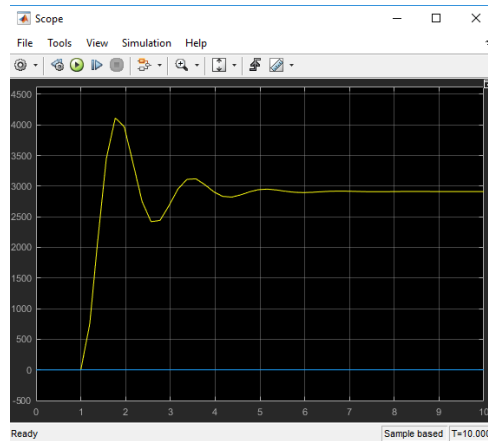
Dari gambar 11, 12 dan 13 dapat dilihat bahwa respon sistem dari motor DC pada percobaan  $P = 0.00157$ ,  $I = 2.10$  dan  $D = 0.0029$  sangat tidak stabil, yang mana nilai *overshoot*, *settling time* dan *rise time* tidak muncul dan terjadi error. Pengendali PID tidak cocok untuk motor DC Pitman.

a. Respon *Open Loop* Metode Tuning *Ziegler Nichols*

Respon *open loop* dari sistem. Mencari respon *open loop* dari system dengan menggunakan metode kurva reaksi. Metode ini didasarkan terhadap reaksi system untai terbuka. Jika plant minimal tidak mengandung unsur *integrator* ataupun *pole-pole kompleks*, reaksi sistem akan berbentuk S. Adapun tujuan mencari respon *open loop* adalah agar diperoleh nilai-nilai *Overshoot*, *rise time*, *settling time*, *settling min*, *settling max*, dan *undershoot*.



Gambar 14. Diagram Blok Sistem Open Loop



**Gambar 15. Respon Sistem Diagram Blok**

Pada gambar 14 dan 15 terlihat bahwa dengan penambahan beban, sehingga input akan menyebabkan perlambatan putaran motor namun tidak terlalu besar. Sehingga penambahan beban tidak berpengaruh terlalu besar terhadap putaran motor. Pada motor DC Pitman dengan arus start yaitu sebesar 0,20 A, disini nilai arus sangat kecil tetapi dengan nilai overshoot yang sangat tinggi yaitu sebesar 98.5 % dan untuk settling timenya 3.75 second. Jika nilai settling time semakin tinggi maka sistem tidak pernah mencapai kestabilan dan juga menyebabkan tingginya nilai rise time. Pada data diatas nilai risetime yang di dapatkan pada Motor DC Pitman yaitu sebesar 0.00491 second, nilai settling time 3.75 second. Terbukti bahwa makin tinggi nilai settlingtime maka akan berpengaruh dan menyebabkan nilai risetime akan ikut tinggi.

#### 4. KESIMPULAN

- a. Motor DC dipilih sebagai mesin penggerak dikarenakan mempunyai kelebihan yaitu mudah digerakkan untuk dua arah putaran (reversible) hanya dengan mengubah polaritas baterai.
- b. Dapat di analisa bahwa motor DC Shunt dan Motor DC Pitman tanpa Pengendali sama-sama memiliki *overshoot* yang sangat tinggi, tapi kecepatan respon *settling time* dan *rise time* pada motor DC Pitman lebih cepat responnya. Sedangkan jika ditambah dengan pengendali untuk kestabilan sinyal Motor DC Shunt lebih stabil dibandingkan Motor DC Pitman.
- c. Dan untuk motor DC Pitman tidak cocok memakai pengendali PID karena sinyal yang di hasilkan berupa banyak osilasi dan tidak mencapai titik kestabilan sedangkan pada motor DC Shunt cocok memakai pengendali PID karena sinyal yang di hasilkan terjadinya overshoot pada awal sinyal setelah itu mencapai titik kestabilan sinyal.

#### DAFTAR PUSTAKA

- A. Rizky, A. Rakhman, S. Maulana, and N. Fath, "Perancangan Mobil Listrik Menggunakan Motor DC Brushed 36 Volt 450 Watt," vol. 11, no. 1, pp. 10–20, 2022.
- Braun, Anton. 2020. "Auto-Tuning." *Optimale und adaptive Regelung technischer Systeme*: 213–19. <http://eprints.undip.ac.id/25296/1/ML2F000596.PDF>.
- Habibi, Muhammad Afnan, and Hery Purnomo. 2014. "Kajian Penggunaan Motor Listrik DC Sebagai Penggerak Speedboat." *Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya* (167): 1–7.
- Mila Diah Ika Putri, Alfian Ma'arif, and Ricky Dwi Puriyanto. 2022. "Pengendali Kecepatan Sudut Motor Dc Menggunakan." 23(1). <http://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/Techno>.
- Rosalina, Ibnu Qosim, and Mohammad Mujirudin. 2017. "Analisis Pengaturan Kecepatan Motor DC Menggunakan Kontrol PID ( Proportional Integral Derivative )." *Seminar Nasional TEKNOKA 2*(2502–8782): 89–94.