

**ANALISIS KECEPATAN MOTOR DC BERBASIS KENDALI PID**

**NASKAH PUBLIKASI**

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat**

**Strata-1 Pada Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik**

**Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



**Disusun Oleh:**

**MUHAMMAD AKHDAN**

**NIM. 20130120040**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**YOGYAKARTA**

**2019**

# ANALISIS KECEPATAN MOTOR DC BERBASIS KENDALI PID

Akhdan, Muhammad

Progam Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

[Muhahdan2295@gmail.com](mailto:Muhahdan2295@gmail.com)

## ABSTRACT

DC motors have been widely use in industry, especially in drive systems. One of the main parameters in drive system is speed. Commonly use controller for speed control is PID controller tuned according to the Ziegler Nichols method, however, it produces high percent overshoot dan control signal that cause saturation in the actuator and abrupt change in starting current of DC motor at the transient state and the DC motor will be broken. Therefore, the aim of this research is to design a method to determine the parameters of PID in order to have step response with minimum overshoot, settling time, and control signal at the transient state.

In this research, the closed loop system consists of controllers and plant. The controllers are PID and I-PD controller, and the plant is a DC motor module ES151 Feedback. The closed loop system is modeled into state space form by using PID output feedback method in order to obtain the matrix of the closed loop system.

Based on the results of simulations and experiments on DC motors without control or with PID control, the research value is under 5 seconds. When a DC motor without a controller has a rise time of 1 second and has not reached the expected speed of 100 rpm. While the DC motor using the controller has a 0.3 second rise time value that is faster than the DC motor without control.

**Keyword :** Motor DC, PID controller, closeloop,risetime,overshoot.

## INTISARI

Motor DC telah digunakan sangat secara luas pada aplikasi industry, terutama pada system penggerak. Pengendali yang umum digunakan untuk kendali kecepatan motor DC adalah PID Ziegler Nichols, namun tak jarang terjadi *overshoot* dan isyarat kendali cukup tinggi dan menyebabkan lonjakan sesaat arus mula-mula motor DC di keadaan transien dan mengakibatkan motor DC akan cepat rusak. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah merancang metode penentuan nilai parameter PID agar menghasilkan *overshoot*, *settling time*, dan isyarat kendali yang minimum.

Pada penelitian ini, sistem loop tertutup terdiri dari pengendali dan plant. Pengendali berupa pengendali PID dan I-PD serta Plant berupa modul motor DC ES151 buatan Feedback. Sistem loop tertutup akan dimodelkan ke dalam bentuk persamaan ruang keadaan menggunakan metode PID output feedback untuk memperoleh matrik sistem loop tertutup.

Berdasarkan hasil simulasi dan eksperimen pada motor DC tanpa kendali ataupun dengan kendali PID memiliki nilai risetime dibawah 5 detik. Ketika motor DC tanpa pengendali memiliki nilai rise time 1 detik serta belum mencapai kecepatan yang diharapkan yaitu 100 rpm. Sedangkan motor DC dengan menggunakan pengendali memiliki nilai rise time 0.3 detik yang lebih cepat dari motor DC tanpa pengendali.

**Kata kunci** : Motor DC, pengendali PID, loop tertutup, *risetime*, *overshoot*.

## Pendahuluan

Motor DC telah lama digunakan pada bidang industri dan robotika. Aplikasinya sangat luas pada kedua bidang tersebut, antara lain mesin pengepakan makanan biskuit, printer, dan penggerak lengan robot yang digunakan pada perakitan mobil, serta alat pemotong lembaran kertas. Kelebihan motor DC dibandingkan motor AC adalah mudah dalam pengaturan kecepatan dan strukturnya sederhana. Salah satu cara pengaturan kecepatan motor DC dapat dilakukan dengan mengubah-ubah tegangan masukan motor DC.

Diperlukan suatu pengendali untuk mengendalikan posisi dan kecepatan motor DC tersebut. Pengendali yang umum digunakan untuk kendali kecepatan motor DC adalah PID (proporsional, derivatif, integral), dan penentuan nilai parameter PID menggunakan metode Ziegler Nichols, memiliki kelebihan yaitu : menghindari penggunaan model matematik plant yang dikendalikan, melainkan menggunakan tanggapan *step plant*, cukup baik dalam menekan gangguan dan mudah digunakan

Berdasar latar belakang permasalahan tersebut, maka diperlukan suatu strategi atau metode untuk menentukan nilai parameter Pengendali PID untuk optimasi kendali motor DC yang berkaitan dengan isyarat kendali, *overshoot*, *settling time* yang minimum dan memiliki tanggapan keluaran dengan

kinerja yang cukup baik dan stabil pada keadaan transien

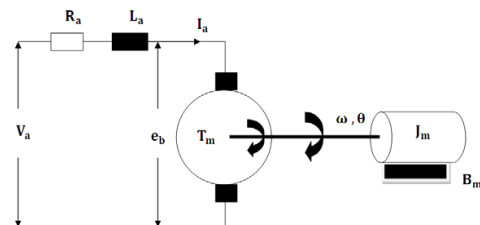
## Metode Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan peneliti berupa *kuantitatif eksperimental*. Artinya pengukuran variable dilakukan berkali-kali dengan nilai *input* yang berbeda. Sesuai dengan tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai parameter dari sebuah motor.

## Hasil dan Pembahasan

### A. Prinsip kerja alat system kendali PID

Motor DC merupakan motor listrik dengan sumber listrik DC. Motor DC yang diterangkan berjenis motor DC dengan magnet permanen. Rangkaian motor DC dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Motor DC Magnet Permanen

Dari gambar 1 dapat diperoleh Persamaan ( 1 ) dan ( 2 ). Untuk persamaan 1 :

$$\begin{aligned}
 e_b &= K_m \cdot \omega(t) \\
 V_R + V_L + e_b - V_a &= 0 \\
 I \cdot R + L \cdot \frac{di}{dt} + K_m \cdot \omega(t) - V_a &= 0 \\
 I \cdot R + L \cdot \frac{di}{dt} + K_m \cdot \frac{d\theta}{dt} &= V_a
 \end{aligned}$$

Bentuk *Laplace* dari persamaan 1:

$$\begin{aligned}
 I_{(s)}R + LSI_{(s)} + K_mS\theta_{(s)} \\
 = V_{a(s)}I_{(s)}R + LSI_{(s)} \\
 + K_mS\theta_{(s)} = V_{a(s)}
 \end{aligned}$$

Lalu untuk persamaan 2 :

$$\begin{aligned} \Sigma T &= K_m \cdot i \\ \Sigma T &= J_m \cdot \frac{d^2 \theta}{dt^2} + B_m \cdot \frac{d\theta}{dt} \\ K_m \cdot i &= J_m \cdot \frac{d^2 \theta}{dt^2} + B_m \cdot \frac{d\theta}{dt} \end{aligned}$$

Bentuk *Laplace* nya :

$$K_m \cdot I_{(s)} = J_m \cdot S^2 \theta_{(s)} + B_m \cdot S \theta_{(s)}$$

Substitusikan persamaan 2 ke persamaan 1 sehingga didapatkan persamaan 3:

$$I_{(s)} R + L S I_{(s)} + K_m S \theta_{(s)} = V_{a(s)}$$

$$I_{(s)} (R + L S) = V_{a(s)} - K_m S \theta_{(s)}$$

$$I_{(s)} = \frac{V_{a(s)} - K_m S \theta_{(s)}}{(R + L S)}$$

Substitusikan persamaan 3 ke persamaan 2 :

$$K_m \cdot I_{(s)} = J_m \cdot S^2 \theta_{(s)} + B_m \cdot S \theta_{(s)}$$

$$K_m \cdot \left( \frac{V_{a(s)} - K_m S \theta_{(s)}}{(R + L S)} \right) = J_m \cdot S^2 \theta_{(s)} + B_m \cdot S \theta_{(s)}$$

$$K_m \cdot V_{a(s)} - K_m^2 S \theta_{(s)} = (R + L S) (J_m \cdot S^2 \theta_{(s)} + B_m \cdot S \theta_{(s)})$$

$$\begin{aligned} K_m \cdot V_{a(s)} - K_m^2 S \theta_{(s)} &= R \cdot J_m \cdot S^2 \theta_{(s)} + R \cdot B_m \\ &\quad \cdot S \theta_{(s)} + L S \cdot J_m \cdot S^2 \theta_{(s)} + L S \\ &\quad \cdot B_m \cdot S \theta_{(s)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0 &= R \cdot J_m \cdot S^2 \theta_{(s)} + R \cdot B_m \cdot S \theta_{(s)} + L S \cdot J_m \cdot S^2 \theta_{(s)} \\ &\quad + L S \cdot B_m \cdot S \theta_{(s)} - K_m \cdot V_{a(s)} \\ &\quad + K_m^2 S \theta_{(s)} \end{aligned}$$

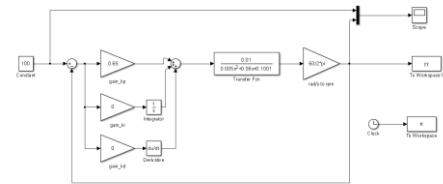
$$\begin{aligned} K_m \cdot V_{a(s)} &= \theta (R \cdot J_m \cdot S^2_{(s)} + R \cdot B_m \cdot S_{(s)} + L S \cdot J_m \\ &\quad \cdot S^2_{(s)} + L S \cdot B_m \cdot S_{(s)} \\ &\quad + K_m^2 S_{(s)}) \end{aligned}$$

$$\frac{\theta}{V_a} = \frac{K_m}{R \cdot J_m \cdot S^2_{(s)} + R \cdot B_m \cdot S_{(s)} + L S \cdot J_m \cdot S^2_{(s)} + L S \cdot B_m \cdot S_{(s)} + K_m^2 S_{(s)}}$$

$$\frac{\theta}{V_a} = \frac{K_m}{S^3 (L \cdot J_m(s)) + S^2 (R \cdot J_m(s) + L \cdot B_m(s)) + S (R \cdot B_m(s) + K_m^2(s))}$$

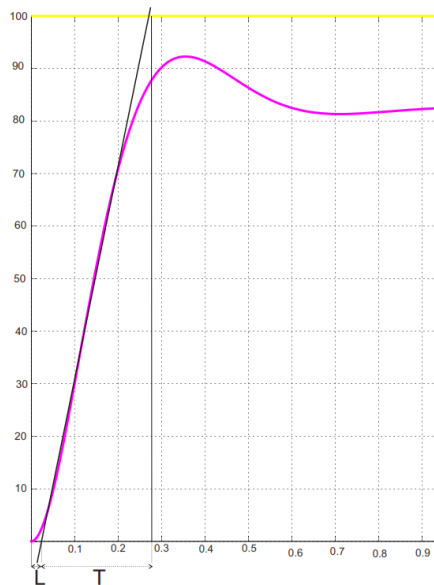
## B. Pengujian Alat

Untuk pengujian penelitian ini menggunakan simulasi pengendali PID motor DC yang terdapat pada software Matlab. Simulasi yang akan digunakan dalam penelitian ini seperti gambar 2:



Gambar 2. Rangkaian simulasi motor DC pengendali PID

Sebagai acuan untuk perbandingan simulasi motor DC nilai  $K_p$  ditentukan 0.65. untuk nilai  $K_i$  dan  $K_d$  tetap 0. Jalankan simulasi tersebut dan lihat hasil kurva yang ditampilkan oleh *scope*.



Gambar 3 kurva kecepatan motor DC

Dari gambar 3 dapat diambil data dari hasil garis kedua perpotongan atas dan bawah.

Sehingga didapatkan :

$$L : 0.0343$$

$$T : 0.2743 - L = 0.2400$$

Lalu data tersebut dimasukkan kedalam coding yang telah ditentukan ke software Matlab melalui rumus coding yang berdasarkan rumus Ziegler Nichols dibawah ini :

model	$K_p$	$T_i$	$T_d$
controlle r			
P	$\frac{T}{L}$	$\infty$	0
PI	$0.9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0.5L$

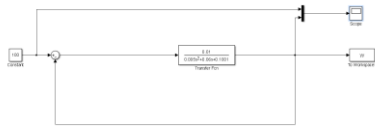
Table 1 acuan pengaturan dasar Ziegler Nichols

model	$K_p$	$T_i$	$T_d$
controll er			
P	6.99	$\infty$	0
PI	6.29	0.11	0
PID	8.39	0.06	0.01

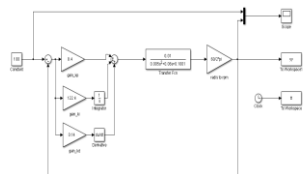
### C. Hasil dan pembahasan berkaitan dengan pembuatan rangkaian simulasi kendali kecepatan motor DC

Pada sub bab ini akan ditampilkan 3 rangkaian yang digunakan untuk simulasi. Untuk gambar 3 merupakan gambar rangkaian motor DC tanpa pengendali. Sedangkan gambar 4 dan gambar 5 gambar rangkaian motor DC dengan pengendali PID yang

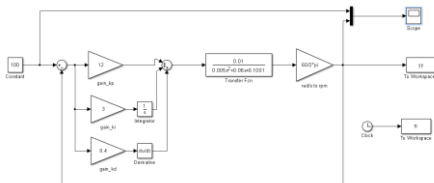
memiliki nilai  $K_p, K_i$  dan  $K_d$  yang berbeda-beda



Gambar 5 rangkaian motor DC tanpa pengendali



Gambar 6 rangkaian kendali motor DC percobaan 1



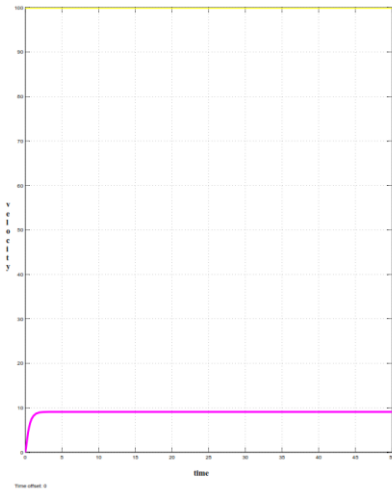
Gambar 7 rangkaian kendali motor DC percobaan 2

Berdasarkan gambar.5 rangkaian motor DC tanpa pengendali diatas,tidak menggunakan tambahan penguatan,integrator dan derivative sehingga terlihat lebih sederhana. Sedangkan untuk gambar 6 dan gambar 7 menggunakan penguatan,

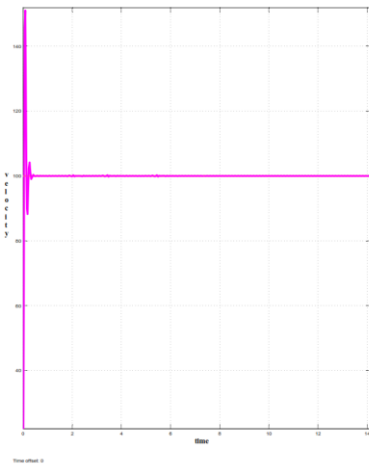
integrator dan derivative dengan nilai  $K_p = 8,4$  ,  $K_i = 122,4$  dan  $K_d = 0,14$  pada gambar 4.6 dan nilai  $K_p = 12$ ,  $K_i = 3$  dan  $K_d = 0.4$  pada gambar 7

#### D. Hasil dan pembahasan berkaitan dengan simulasi kendali kecepatan motor DC

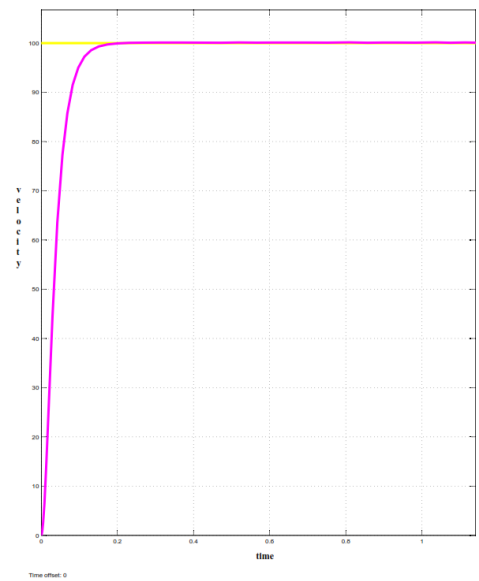
Pada sub bab ini akan ditampilkan data kecepatan dari hasil simulasi kendali kecepatan motor DC. Kurva kecepatan tanpa pengendali dapat dilihat pada gambar 8. sedangkan kurva kecepatan dengan pengendali PID dapat dilihat pada gambar 9 dan gambar 10



Gambar 8 hasil simulasi kurva kecepatan motor DC tanpa pengendali



Gambar 9 hasil simulasi kurva kecepatan motor DC dengan pengendali PID percobaan 1



Gambar 10 hasil simulasi kurva kecepatan motor DC dengan pengendali PID percobaan 2

Dari gambar 8 , gambar 9 dan gambar 10 dapat disimpulkan bahwa pada gambar 8 tanpa pengendali PID memiliki *rise time* yang lama yaitu 1 detik sehingga membutuhkan waktu dan tegangan yang banyak untuk di menggerakkan motor DC dan belum mencapai kecepatan yang diinginkan yaitu 100 rpm,lalu pada gambar 9 mengalami kenaikan *rise time* yaitu 0,3 detik,namun terjadi *overshoot* pada kecepatan 149 rpm dan



berosilasi sehingga tidak efektif untuk digunakan. Yang menyebabkan *overshoot* dan osilasi dikarena nilai  $K_p, K_i$  dan  $K_d$  tidak sesuai sehingga terjadi osilasi. Untuk gambar 10 sudah mengalami perubahan yang signifikan. Karena memiliki nilai  $K_p, K_i$  dan  $K_d$  yang sesuai sebagai pengendali PID.

## PENUTUP

### A. Kesimpulan

Proses simulasi dan eksperimen pada kendali motor DC berbasis kendali PID telah dilakukan serta memiliki kesimpulan bahwa metode pengendali motor DC yang digunakan yaitu *close loop* karena akan mengulangi hasil apabila belum sesuai dengan setpoint yang diinginkan.

Parameter nilai  $K_p, K_i$  dan  $K_d$  yang ditemukan dari dua

macam metode yaitu metode zigler Nichols dan metode try and eror memiliki hasil yang terbaik dengan nilai  $K_p=12$ ,  $K_i=3$  dan  $K_d=0.4$  memiliki hasil *rise time* 0.09, tidak mengalami *overshoot settling time* 0.2 detik.

### B. Saran

Adapun saran yang berkaitan dengan penelitian ini sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan peningkatan dalam membuat rangkaian kendali PID yang lebih kompleks.
2. Perlu dilakukan pengujian dengan metode CDM (coefisien Diagram.
3. Perlu dilakukan pengujian untuk jenis pengendali PI dan PID.

## DAFTAR PUSTAKA

- Iwan Setiawan, Kontrol PID untuk Proses Industri PT. Elex Media Komputindo ,2008.
- J. C. Basilio And S. R. Matos, “Design of PI and PID Controller With Transient Performance Specification,” IEEE Transaction on Education, Vol.45, No.4 , November 2002.
- Oludayo John Oguntoyinbo, *PID control of brushless DC motor and robot trajectory planning ang simulation with Matlab / Simulink*. VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU VASAYRKESHOGSKOLA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES 2009.
- P. K. Nandam and P. C. Sen, “Analog and Digital Speed Control of DC Drives Using Proposional-Integral and Integral-Proposional Control Techiniques,” IEEE Transanciton on Industrial Electronics, vol. IE-34, pp.227-233, 1978.