



## PENGGUNAAN KONTROL PID DENGAN BERBAGAI METODE UNTUK ANALISIS PENGATURAN KECEPATAN MOTOR DC

Muhammad Irhas, Iftitah, dan Siti Asyiqah Azizah Ilham

*Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*  
email: 60400117038@uin-alauddin.ac.id, 60400117060@uin-alauddin.ac.id, dan  
60400117008@uin-alauddin.ac.id

### INFO ARTIKEL

**Status artikel:**

Diterima: 28 Mei 2020

Disetujui: 29 Juni 2020

Tersedia online: 30 Juni 2020

**Keywords:** DC Motors, PID Control, Parameters.

### ABSTRACT

DC motor is a motor that is widely applied to industrial and household equipment because of the level of flexibility and fairly easy operation. But in terms of speed DC motors have the disadvantage that the speed is not constant along with the addition of the load So to overcome this problem a controller is needed in order to obtain a constant speed in accordance with the desired set point. PID control is a control that serves to minimize the error rate of a plant. This control consists of Controller Parameters P, I, D, where the value of this parameter determines the level of response of a control to the plant. So it is necessary to engineer the tuning parameters with various methods so that the value of a parameter is in accordance with the plant. In this study used several methods such as Root Locus, GA based PID, Heuristic with SCM and PID Fuzzy Logic Controller to be applied to DC motors. Based on the description above, the purpose of this study is to review various tuning methods in response to the response of a DC motor.

### 1. PENDAHULUAN

Pada skala industri, peralatan, rumah tangga, *air conditioner* (AC), robotika hingga alat transportasi motor listrik semakin banyak digunakan sebagai penggerak, terutama untuk motor listrik arus searah (DC) yang dalam pengoperasiannya cukup mudah, namun untuk pengaplikasiannya terdapat kekurangan yaitu penurunan kecepatan sehingga menjadi tidak konstan akibat dari beban yang ada. Pada pengaturan kecepatan motor DC umumnya digunakan teknik kontrol PID dengan berbagai metode.

PID (*Proportional Integral Derivative*) merupakan teknik kontrol yang sering digunakan dalam rekayasa kontrol, dimana kendali PID ini terdiri dari tiga macam kendali yang dikombinasikan antara lain (*Proportional, Integral dan Derivative*) dimana parameter tersebut dapat menentukan kualitas respon dari suatu kontrol. Pada penelitian sebelumnya

penggunaan teknik kontrol PID banyak diterapkan dengan berbagai metode salah satunya yaitu perancangan kendali kecepatan yang menghasilkan kendali PID sesuai spesifikasi yang diinginkan dan juga stabil.

Kontrol PID dapat bekerja dengan mekanisme umpan balik untuk mengoreksi kesalahan antara nilai kesalahan suatu pengukuran dengan nilai penyimpangannya. Pada umumnya sistem kontrol PID dapat digunakan secara bersama atau berpisah karena setiap kontrol memiliki keunggulan tersendiri diantaranya kontrol proporsional dapat mempercepat *rise time*, kontrol *integral* dapat memperkecil kesalahan (*error*) serta kontrol *derivative* dapat mengurangi *overshoot* atau *undershoot*.

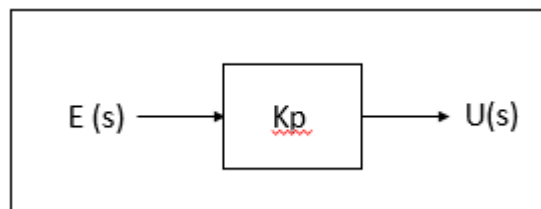
Persamaan nilai output dalam sistem kendali PID dapat dirumuskan:

$$U(t) = K_p e(t) + K_I \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (1)$$

Persamaan 1 menjelaskan bahwa nilai keluaran  $u(t)$  merupakan jumlah dari gain *proporsional* ( $K_p$ ), *gain integral* ( $K_i$ ) dan *gain derivative* ( $K_d$ ) yang masing-masing dipengaruhi oleh *error* ( $e$ ) dan waktu ( $t$ ) tertentu.

a) Kontrol *Proporsional* (P)

Kontrol *proporsional* adalah suatu kontrol yang dapat mempercepat *rise time* dan mengurangi *error* suatu plant. Pada dasarnya kontrol ini merupakan suatu penguat yang dapat diatur. Hal tersebut menyebabkan nilai output yang dihasilkan akan sebanding dengan nilai konstanta pengali dikalikan dengan kesalahan penggerakannya seperti pada persamaan (2) dengan diagram bloks sebagai berikut



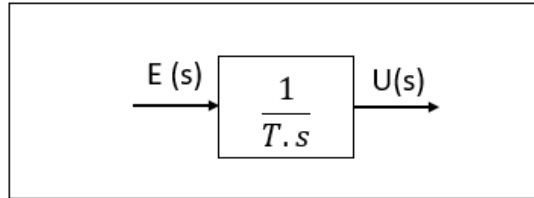
**Gambar 1.** Diagram blok kontrol proporsional (Wahid dkk, 2016)

$$U(t) = K_p \cdot e(t) \quad (2)$$

b) Kontrol *Integral* (I)

Kontrol *integral* merupakan suatu pengontrol yang dapat memperkecil nilai *overshoot* dan mempercepat *steady-state*. Kontrol *Integral* sangat sering dikombinasikan dengan kontrol lain karena kontrol ini tidak dapat berdiri sendiri dan sifatnya sebagai penyeimbangan membuat suatu sistem kontrol yang ditambah dengan suatu penyeimbang *integral* dapat mencapai respons sesuai dengan yang diinginkan. Kontrol *integral*

merupakan suatu penguat yang dapat dirumuskan pada persamaan (3) dengan diagram blok sebagai berikut.

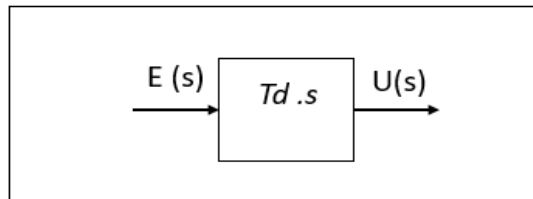


**Gambar 2.** Blok kontrol *Integral* (Wahid dkk, 2016)

$$U(t) = K_I \int_0^t e(\tau) d\tau \quad (3)$$

c) Kontrol *Derivatif* (D)

Kontrol *derivative* merupakan suatu kontrol yang memiliki sifat seperti diferensial sehingga kontrol ini dapat memprediksi nilai *error* yang akan terjadi berdasarkan nilai *error* sebelumnya sehingga menghasilkan nilai output yang stabil. Kontrol ini bisa digunakan secara rangkapan baik dengan kontrol I maupun kontrol PI. Pada dasarnya kontrol *derivative* merupakan suatu penguat yang dapat ditulis dengan persamaan (4), diagram blok digambarkan sebagai berikut.



**Gambar 3.** Blok Kontrol *Derivatif* (Rosliana dkk, 2017)

$$U(t) = K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (4)$$

Metode *tunning* merupakan suatu metode yang digunakan dalam kontrol PID untuk mendapatkan nilai respon yang sesuai dengan set point. Beberapa metode *tunning* yang digunakan diantaranya:

a) Metode *Zeighler Nichols*

Metode *Zeighler Nichols* merupakan salah satu metode *tunning* yang digunakan untuk menentukan nilai Proporsional gain ( $K_p$ ), *Integral Time* ( $K_i$ ) dan *Derivatif Time* ( $K_d$ ). Kontrol ini ditemukan pada tahun 1942. Dalam menentukan nilai proporsional, *integral* dan *derivative* dengan menggunakan metode *zeighler Nichols* digunakan dua cara yakni dengan metode osilasi (siklus kontinu) dan kurva reaksi dengan Lonjakan sistem kurva maksimum sebesar 25%.

b) Metode *Root Locus*

Metode *Root Locus* merupakan suatu metode *tunning* kontrol PID dengan menggunakan sketsa *Root Locus* untuk memperoleh nilai root transien seperti % *Overshoot* dan *settling time* sesuai dengan yang diinginkan yang diwujudkan dalam bentuk Interest point (Q). Metode ini biasa juga disebut sebagai metode kedudukan akar karena metode ini menjelaskan secara kualitatif performansi suatu sistem kendali dan suatu alat yang ampuh dapat digunakan untuk memecahkan persoalan-persoalan kontrol untuk sistem- sistem ordo tinggi yang dapat digunakan untuk menaksir stabilitas.

c) Metode *Fuzzy Logic*

Metode *Fuzzy Logic Controller* merupakan salah satu metode baru dalam dunia kontrol. Metode ini ditemukan pada tahun 1965 oleh Prof. Lotfi A.Zadeh dari Universitas California USA). Metode *Fuzzy Logic controller* biasa diaplikasikan pada plant dengan tidak menggunakan bahasa matematika dalam pemodelannya untuk menghasilkan performansi sistem yang baik.dengan memecah persamaan non-linear. *Fuzzy Logic* memiliki nilai kekaburan dan kesamaran antara benar dan salah. Sebagian orang menganggap bahwa metode *Fuzzy Logic* sangatlah sama dengan metode logika klasik namun pada dasarnya metodenya sangatlah berbeda dimana nilai TIDAK dan YA dari *Fuzzy Logic* memiliki nilai antara 0 hingga 1.

d) Metode Algoritma genetik (GA)

Metode algoritme genetik adalah salah satu metode *tunning*. Metode ini digunakan untuk memperoleh nilai optimalisasi dari suatu permasalahan yang tak linier. Metode ini telah diaplikasikan dalam berbagai masalah seperti bioinformatika, ilmu komputer, teknik, ekonomi, matematika dan bidang lainnya. Pada kontrol PID dengan menggunakan *tunning* GA dilakukan inisialisasi populasi. Setelah itu populasi akan mengalami proses *crossover* dan mutasi. Selanjutnya dilakukan pengukuran kecepatan motor DC untuk mendapatkan nilai  $k_p$ ,  $k_i$ ,  $k_d$  yang optimal.

Dari uraian di atas, beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa penggunaan kontrol PID dapat menghasilkan kerja sistem yang baik dengan menerapkan berbagai metode, sehingga pada artikel ini akan dilakukan perbandingan dari beberapa penelitian sebelumnya mengenai metode yang digunakan untuk menghasilkan sistem kerja yang baik.

## 2. METODE PENELITIAN

Kontrol PID merupakan suatu kontrol standar yang dapat digunakan untuk mengoreksi kesalahan antara nilai pengukuran dengan penyimpangannya. Dengan *tunning* atau parameter kontrol diperoleh suatu respon yang baik dari suatu kontrol PID. Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini tentang penggunaan PID dengan berbagai metode untuk analisis pengaturan motor DC dan diperoleh beberapa metode yaitu Metode *Root-Locus*, Metode GA based PID, Metode *Heuristik* dan Metode *Self tuning* PID *Fuzzy Logic* kontroler.

Pada metode *Root-Locus*, alat dan bahan yang digunakan yaitu matlab open loop, kontrol PID metode *Root Locus*, dan motor DC. Adapun langkah-langkah yang digunakan

dalam perancangan sistem kendali dengan open loop, kendali PI yang bersifat sebagai pengendali proporsional yang berfungsi sebagai gain untuk mencapai set point dan *integral* untuk mempercepat respon, dan kendali PID dimana kendali proporsional berfungsi sebagai fungsi gain untuk mencapai set point, kendali *integral* untuk mempercepat respon dan *derivative* berfungsi untuk menghilangkan osilasi pada respon (Rosalina, 2017: 89-94).

**Tabel 1.** Nilai respon keluaran kendali PID (Rosliana dkk, 2017)

Parameter	Nilai
<i>Rise time (tr)</i>	0.0974 s
<i>Setting Time (ts)</i>	0.5963 s
<i>Overshoot (mp)</i>	13.5402 %
<i>Peak Time (tp)</i>	0.1914 s
<i>Peak</i>	1.1359

Pada metode GA based PID dimana alat dan bahan yang digunakan yaitu, matlab Simulink, kontrol PID metode GA based PID, motor DC dengan spesifikasi pada tabel berikut:

**Tabel 2.** Nilai Parameter Motor DC yang digunakan (Khadari dkk, 2019)

Spesifikasi Motor DC : 5 HP,240 Volt	
Parameter	Value
<i>Armature Inductanced (Henry)</i>	$L_a = 0.01 \text{ H}$
<i>Armature Resistance (Ohm)</i>	$R_a = 0.5$
<i>Rotor Inertia (kg.m<sup>2</sup>)</i>	$J = 0.05 \text{ kg.m}^2$
<i>Armature voltage (volt)</i>	$V_a = 280 \text{ V}$
<i>Frictional Constant of motor (Nm(rad/sec))</i>	$B = 0.02 \text{ Nm/A}$
<i>Back emf constant (V(rad/sec))</i>	$K_b = 1.23 \text{ V (rad/sec)}$

Langkah-langkah pada penelitian ini dilakukan pembuatan simulasi dengan langkah berikut; membuat *tunning* kontrol PID menggunakan algoritme genetika dengan jumlah generasi 50 generasi, selanjutnya dilakukan implementasi GA based PID pada simulasi system pengendali kecepatan motor DC, kemudian dilakukan simulasi kecepatan DC tetap sebesar 120 rad/s dan beban torsi tetap sebesar 5 Nm (Khadari, 2019: 189-191).

Pada metode *heuristik* alat dan bahan yang digunakan yaitu, matlab open loop, pengendali hybrid SMC, kontrol PID Metode *Heuristik*, motor DC dengan spesifikasi pada tabel berikut:

**Tabel 3.** Nilai Parameter Motor DC yang digunakan (Mursyitah dkk, 2016)

No	Parameter motor DC	Nilai
1	<i>No-Load Speed</i>	4230 rad/s
2	<i>No-Loas Current</i>	0,20 A
3	Tegangan Jangkar ( $V_a$ )	240 V
4	Konstanta Alifier ( $K_A$ )	10 N-m/A
5	Konstanta Torsi Motor ( $K_T$ )	9,46 Nm/A
6	Back-EM Konstanta ( $K_b$ )	6,99 (V/krad/s)
7	Torka Beban ( $T_L$ )	3,53 Nm
8	Momen Inersia (J)	$1,13 \times 10^{-3}$ g/m <sup>2</sup>
9	Induksi Jangkar ( $L_a$ )	4,10 mH

Adapun langkah-langkah Metode *Heuristic* dikombinasikan dengan sliding metode *controller* (SMC) dimulai dengan studi literatur, pengujian model matematis system motor DC, kemudian dilanjutkan dengan perancangan pengendali SMC dan PID, langkah selanjutnya adalah memanipulasi model matematis sistem bersama hasil rancangan pengendali. Dimana dilakukan simulasi diagram PID dan Hybrid SCM (Mursyitah,2016: 32-35).

Pada metode *self tuning PID Fuzzi Logic Controller* alat dan bahan yang digunakan yaitu matlab *Simulink*, kontrol PID metode *self tuning fuzzi logic controller*, motor DC dengan spesifikasi sebagai berikut:

**Tabel 4.** Nilai Parameter Motor DC yang digunakan (Khadari dkk, 2019)

Spesifikasi Motor DC : 5 HP,240 Volt	
Parameter	Value
<i>Armature Inductance</i> (Henry)	$L_a = 0.01$ H
<i>Armature Resistance</i> (Ohm)	$R_a = 0.5$
<i>Rotor Inertia</i> (kg.m <sup>2</sup> )	J = 0.05 kg.m <sup>2</sup>
<i>Armature voltage</i> (volt)	$V_a = 280$ V
<i>Frictional Constant of motor</i> (Nm(rad/sec))	B =0.02 Nm/A
<i>Back emf constant</i> (V(rad/sec))	Kb = 1.23V (rad/sec)

Langkah-langkah pada penelitian ini dilakukan pengambilan data dengan cara simulasi. langkah dalam membuat simulasi meliputi; membuat FIS (*fuzzy Interface System*) berdasarkan acuan.selanjutnya dilakukan implementasi *self tuning PID* pada simulasi sistem pengendali motor dc dan dilanjutkan dengan pengujian berupa simulasi dari setiap kondisi saat berlangsung. Data yang diteliti dan dianalisis adalah data dengan kecepatan tetap 120 (Rad/s) dan beban torsi yang tetap (5 Nm) (Khadari dkk, 2019: 189-191).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

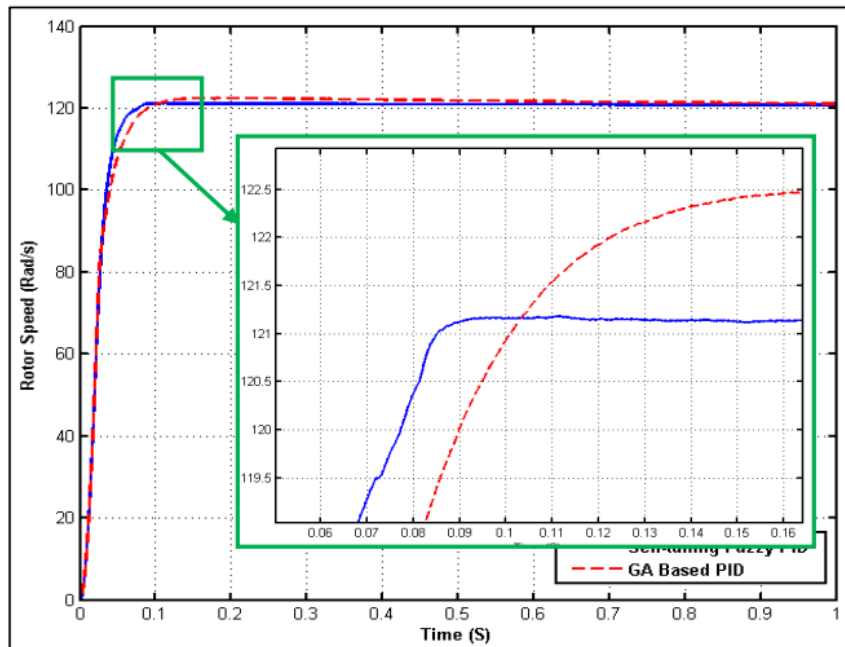
Pada dasarnya kontrol PID adalah kontrol yang digunakan untuk menentukan respon yang tepat dari suatu plant. Kontrol PID bekerja dengan penyesuaian nilai parameter ( $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ ) atau *tunning* dengan plant yang digunakan sehingga diperoleh nilai respon yang sesuai dengan set point yang diinginkan.

Pada tinjauan ini digunakan beberapa metode *tunning* seperti root locus, GA based PID, Heuristic with SCM, dan *Fuzzy Logic Controller* untuk diaplikasikan pada motor DC agar diperoleh respon berupa kecepatan yang sesuai dengan set point yang diinginkan. Dari beberapa metode *tunning* yang dilakukan dalam penggunaan kontrol PID untuk pengaturan kecepatan motor DC sebagai berikut:

**Tabel 5.** Perbandingan metode *tunning*

Metode	Beban (Nm)	Kecepatan (rad/s)	Parameter PID			Time Respon			Steady state error	Over Shoot
			$K_p$	$K_i$	$K_d$	Settling Time (s)	Peak Time (s)	Rise time (s)		
Root Locus			132	120	2.5	0.5963	0.1914	0.0947		13,5402
GA based PID	5	120	19,856	19,61	0,243	0,42		0.074	1.08	2.08
Metode Heuristik with SCM	3,53	29,1	5.5	0.89	2.39	0,3825	0,1629	0,1913	0	
PID <i>Fuzzy Logic</i> Kontroler	5	120	0-20	0-20	0,02	0,32		0,052	0,66	1

Berdasarkan tabel perbandingan di atas, hasil yang baik untuk aplikasi motor DC adalah menggunakan metode *Fuzzi Logic Controller*.



**Gambar 1:** Grafik respon *Self-tuning Fuzzy* PID dan *GA based* PID (Khadri dkk. 2019)

Dalam metode *Fuzzi Logic Controller* menunjukkan performansi yang baik dengan nilai kendali PID yang membutuhkan *rise time* ( $t_r$ ) 0,052 s, *settling time* ( $t_s$ ) 0,32 s dengan nilai *stady state error* dan *over shoot* 0,66 dan 1.

#### 4. SIMPULAN

Dari beberapa metode di atas, metode yang menghasilkan respon keluaran kontrol (*Proporsional Integral Derivative*) yang baik yaitu, metode *tunning Fuzzy Logic* controller, karena jika dilihat dari beberapa nilai parameter PID serta *rise time* ( $t_r$ ), *settling time* ( $t_s$ ), *stady state error* dan *overshoot* menghasilkan nilai yang sangat kecil dibandingkan dengan metode yang lainnya, sehingga kerja dari suatu motor DC juga baik.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Presepvianto Estu Broto serta pihak-pihak yang telah membantu dan memberikan saran pada penelitian ini.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- Fathoni, dkk. (2016). Perancangan Kendali Kecepatan Motor Arus Searah Menggunakan Metode Root Locus. *Jurnal Teknik Elektro*. Vol. 8 (2). ISSN 1411 – 0059.
- Ibrahim, dkk. (2016). Sistem Kontrol Torsi pada Motor DC. *IJEIS*. Vol 6 (1). ISSN 2088-3714.



- Khadarin, dkk. (2019). Simulasi Kontroller PID Tuning Menggunakan Logika FUZZY dan Alogaritma Genetika Sebagai Pengendali Kecepatan Motor DC. *Jurnal Ilmiah Setrum*. Vol.8 (2). ISSN 2301-4652.
- Mursyitah, dkk. (2016). Analisa Pengendalian Kecepatan Motor DC Menggunakan Pengendali Hybrid SMC dan PID dengan Metode Heuristik. *Jurnal Sains Teknologi dan Industri*. Vol. 14 (1). ISSN 1693-2390.
- Protus, dkk. (2011). Sistem Pengendali PID yang diaplikasikan Pada Pengendalian Steam Turbin dengan Single Variabel dan Single Output. *Jurnal Smartek*. Vol 9 (2). ISSN 1693-0460.
- Rohmad, dkk. (2015). Desain dan Analisis Pengendali Sistem Suspensi Menggunakan PID dan Logika Fuzzy dengan Simulink Matlab. *Unnes Physical Journal*. Vol 4 (1). ISSN 2252-6978.
- Rosalina, dkk. (2017). Analisis Pengaturan Kecepatan Motor DC Menggunakan Kontrol PID (Propotional *Integral Derivative*). *Seminar Nasional Teknoka*. Vol. 2 (1), 20. ISSN 2502-8782.
- Suprpto, dkk. (2012). Metode Alogaritma Genetika dengan Sistem *Fuzzy Logic* untuk Penentuan Parameter Pengendali PID. *Jurnal Rekayasa Elektrika*. Vol 10 (1). DOI: <https://doi.org/10.17529/jre.v10i1.147>.
- Wisnu, dkk. (2016). Perancangan Sistem Kontrol PID Untuk Pengendali Sumbu Azimuth Turret Pada Turret-Gun Kaliber 20mm. *Jurnal Teknik ITS*. Vol. 5 (2). ISSN: 2337-3539.
- Yuski, dkk. (2017). Rancangan Bangun Jangkar Motor DC. *Berkala Saintek*, Vol 5 (1), ISSN 2339-0069.