

Auto Tuning PID Controller Untuk Mengendalikan Kecepatan DC Servomotor Robot Gripper 5 Jari

I Wayan Widhiada^{1)*}, Wayan Reza Yuda Ade Putra¹⁾, Cok. G. Indra Partha²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana
Kampus Bukit Jimbaran, Bali 80362
Email: widhiwyn@yahoo.com

²⁾Jurusan Teknik Elektro, Universitas Udayana
Kampus Bukit Jimbaran, Bali 80362

Abstrak

Peneliti membahas pemodelan kecepatan DC servomotor pada gripper lima jari yang dikontrol dengan auto tuning PID controller. Metode auto tuning digunakan untuk mendapatkan nilai response control yang optimal. Pemodelan DC servomotor dilakukan dengan menggunakan metode Fungsi Alih dimana fungsi ini merupakan perbandingan transformasi output laplace dengan input aplace dari system motor DC. Pemodelan ini disimulasikan dengan menggunakan blok diagram dalam Simulink/MATLAB dan juga dapat menggunakan toolbox simelectronics/Simulink. Dari hasil simulasi didapat bahwa DC servomotor telah mencapai kecepatan yang stabil pada waktu yang relative singkat dengan sinyal kesalahan penggerak yang sangat kecil pula.

Kata kunci: DC servomotor, PID controller, auto tuning

Abstract

The authors present the modeling of DC servomotor speed into five fingers gripper which controlled by auto tuning of PID controller. Auto tuning method is used to obtained the optimum of response value control. The modeling of DC servomotor is obtained to use the transfer function method which this function is a comparison between output Laplace transform and input Laplace transform from DC servomotor system. This model can be simulated to use the diagram block in Simulink/MATLAB and also can be used the simelectronics/simulink toolbox. From simulation result, it is obtained that DC servomotor has achieved the steady speed response at short time with the smallest error signal too.

Keywords: DC servomotor, PID controller, auto tuning

1. PENDAHULUAN

Menurut Y. Zhang et all (2004), DC servomotor sangat luas digunakan pada robot dimana metode pendekatan literature secara konvensional banyak digunakan pada DC motor Drive control. Walaupun banyak teknologi control canggih seperti self turning control (Samahy et all, 1994), sliding mode control (Hung et all, 1994), dan fuzzy logic control (Cheng et all, 1994) yang sudah digunakan untuk meningkatkan unjuk kerja system DC Servomotor, namun PID control masih digunakan secara luas sebagai metode control DC Servomotor yang terdiri dari proportional-integral dan derivative design, karena metode disain PID control ini lebih mudah dirancang dengan performance yang sangat baik. PID controller adalah sebuah unit feed-back loop di dunia industry control. Kontroller ini menerima perintah untuk mengurangi input reference dengan actual value untuk membuat sebuah perbedaan. Perbedaan ini kemudian digunakan untuk menghitung sebuah nilai input baru yang mengijinkan system data untuk mengatur nilai reference.

Kecanggihan PID control ini telah digunakan pada penelitian disain control gerakan kinematika dan dinamika robot tangan tiga jari (Widhiada, et all, 2011). Dengan menggunakan software MATLAB/Simulink, peneliti dapat mendisain automatic tuning PID control secara mudah dengan hasil response yang optimal dan akurat.

Oleh karena itu, peneliti menggunakan automatic tuning PID controller untuk mengontrol simulasi kecepatan gerakan dari setiap sendi DC servomotor robot gripper lima jari.

2. METODE

2.1. Pemodelan Matematik DC Servo Motor

Berikut ini akan dipaparkan armature control DC servomotor. Pertimbangkan armature DC

*Penulis korespondensi, HP: 62361703321,
Email: widhiwyn@yahoo.com

servomotor, dimana arus armature adalah konstan. Pada system ini dapat ditulis fungsi alih seperti yang ditunjukkan pada gambar 1 sebagai berikut:

$$\frac{\theta(s)}{Ea(s)} = \frac{K_{tn}}{s[L_a s^2 + (L_{af} + R_{af}) + R_{af} + K_{tn}K_b]} \quad (1)$$

$$\frac{\theta(s)}{Ea(s)} = \frac{K_{tn}}{s[sR_{af} + R_{af} + K_{tn}K_b]} = \frac{K}{s(T_{ms} + 1)} \quad (2)$$

Dimana

- Ra= armature Tahanan, ohm
- La= armature induktansi, Henry
- ia= armature arus, ampere
- if= field current, ampere
- ea= applied armature tegangan, volt
- eb= Tegangan balik, volt
- θ = angular displacement poros motor, radian
- T= torsi motor, N-m
- J= Momen inersia motor, kg-m²
- f=Koefisien gesekan motor dan beban, N-m/rad/sec



Gambar 1 Disain DC servomotor

Parameter DC servomotor yang dirancang pada simulasi adalah

- Induktansi armature, L=0.062 H
- Tahanan armature, R=2.5 ohm
- Konstantat torsi motor, Ktn=0.026 Nm/A
- Konstanta Teganga Balik emf, Kb=0.02V/rad.s⁻¹
- Momen inersia rotor dan beban, J=0.00004kg/m²
- Koefisien viskos rotor dan beban, f=0.001

DC servomotor digunakan untuk menggerakkan sendi jari-jari dari pemodelan gripper tangan Lima jari yang ditunjukan pada gambar 2. Ada dua macam join pada jari-jari gripper ini seperti proximal interphalangeal (PIP) dan metacarpophalangeal (MCP) dimana setiap sendi mempunyai satu sendi putar. Gripper ini memiliki 6 DC servomotor yang dipasang pada join MCP saja. Untuk menggerakkan sendi PIP akan digunakan alat transmisi seperti gear yang dihubungkan dengan kawat ke poros motor.



Gambar 2 Disain gripper lima jari yang digerakkan oleh DC servomotor

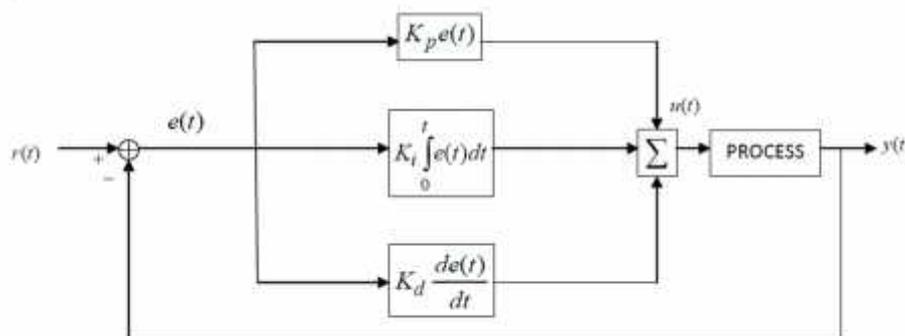
2.2. Pemodelan PID Controller

Model PID controller adalah terdiri dari Proportional, integral dan derivative control yang ditunjukkan pada Gambar 3, dimana $e(t)$ adalah sinyal kesalahan pengerak dan $u(t)$ adalah sinyal yang dihasilkan oleh controller. Untuk mendapat nilai response controller yang optimal dapat dilakukan dengan tiga metode yaitu dengan pemilihan harga koefisien pada K_p , K_i dan K_d , dengan menggunakan metode Ziegler-Nichols dan juga dapat dilakukan dengan menggunakan metode auto tuning. Tuning adalah mengatur parameter control untuk mendapatkan nilai respon control yang optimal. Metode auto tuning menghasilkan sinyal transient response lebih baik daripada menggunakan metode tradisional tuning.

Bentuk persamaan fungsi alih dari PID controller didapat sebagai berikut,

$$K(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s \quad (3)$$

dimana K_p menunjukkan proportional gain, K_i menunjukkan integral gain dan K_d menunjukkan derivative gain. Dengan tuning pada K_p , K_i dan K_d maka controller dapat memberikan disain aksi control untuk keperluan khusus (Richard et al, 2001). Gambar 3 berikut akan dilustrasikan PID controller Logic

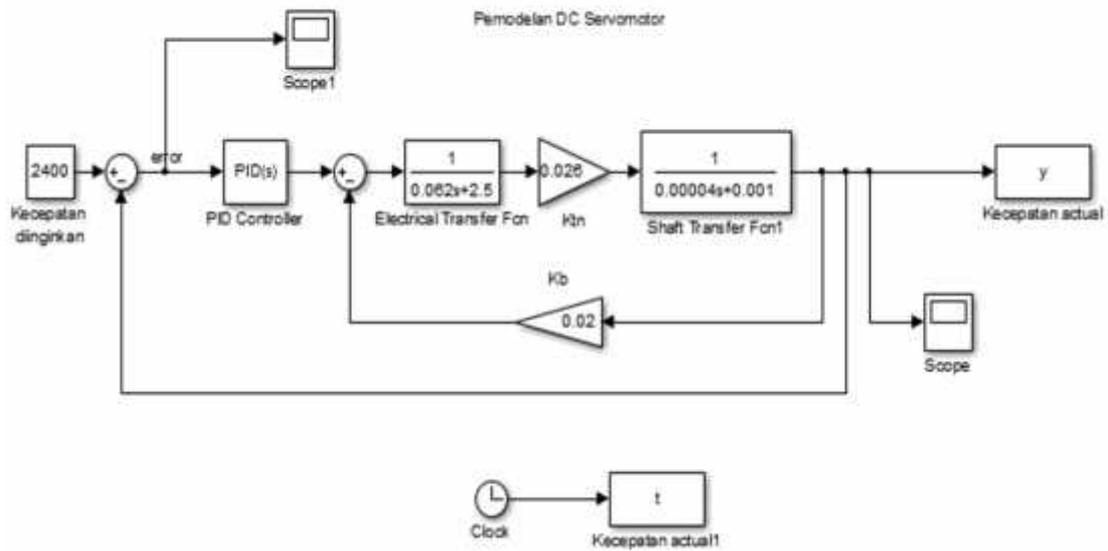


Gambar 3 PID controller logic

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

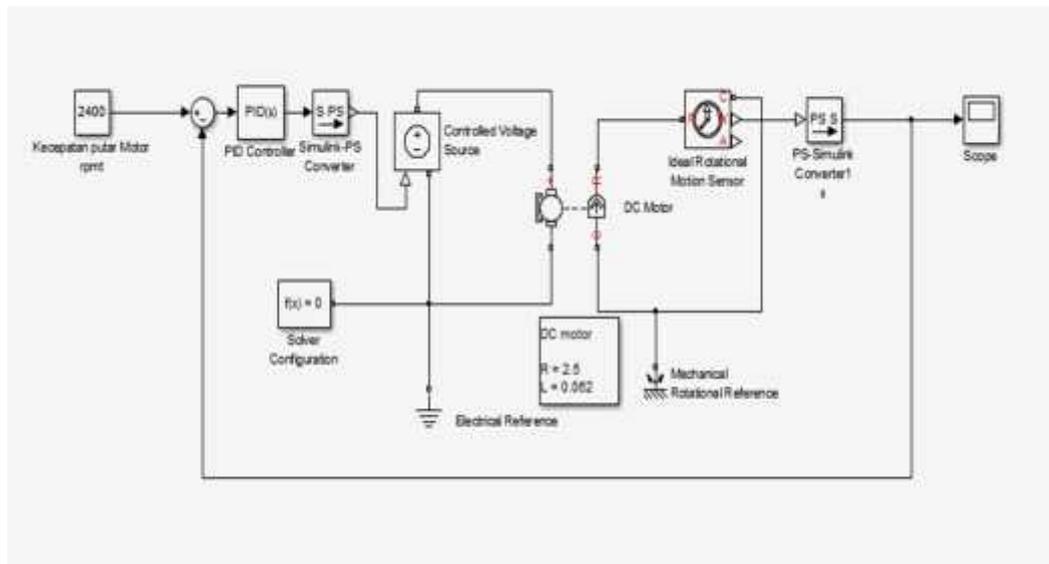
Simulasi DC servomotor dapat dilakukan dengan dua cara yaitu

1. Dengan membuat pemodelan DC servomotor pada blok diagram Simulink seperti yang ditunjukkan pada gambar 4 berikut:



Gambar 4 Pemodelan blok diagram DC servomotor di simulink/MATLAB

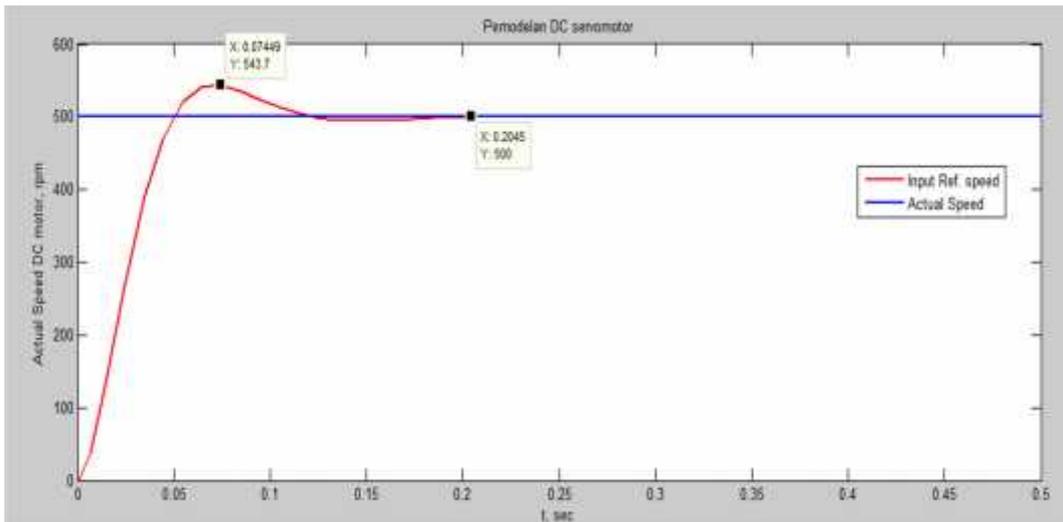
2. Pemodelan DC servomotor dilakukan dengan menggunakan Toolbox simelectronics/Simulink



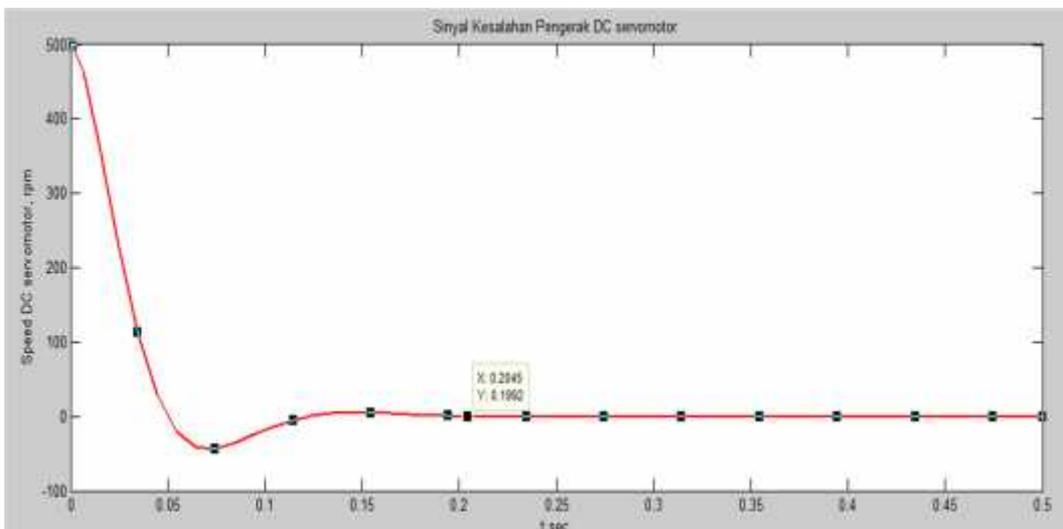
Gambar 5 Pemodelan DC servomotor dalam simelectronics/MATLAB

Dengan menggunakan auto tuning didapat nilai parameter DC motor servo yang optimal yaitu $K_p=0.22070$, $K_i=5.56231$ dan $K_d=0.00129$.

Hasil transient response output ditunjukkan pada gambar 6 berikut ini,



Gambar 6 Grafik actual speed response DC servomotor



Gambar 7 Sinyal Kesalahan Penggerak (Error signal) DC servomotor

Nampak pada Gambar 7 bahwa puncak overshoot terjadi pada kecepatan motor 543,7 rpm pada waktu 0.075 detik. Kemudian waktu settling response mencapai steady di kecepatan putar 500 rpm pada 0.20 detik dan dengan sinyal kesalahan penggerak (error signal) sebesar 0.9%. Itu menandakan dc servomotor sudah mencapai kesetabilan response kecepatan yang optimal yang tercapai pada 0.2 detik.

4. SIMPULAN

Peneliti membahas pemodelan kecepatan DC servomotor pada gripper lima jari yang dikontrol dengan PID controller. Metode auto tuning digunakan untuk mendapatkan nilai response control yang optimal. Pemodelan DC servomotor dilakukan dengan menggunakan metode fungsi alih dimana fungsi ini merupakan perbandingan transformasi output laplace dengan input aplace dari sistem motor DC. Pemodelan ini disimulasikan dengan menggunakan blok diagram dalam Simulink/MATLAB dan juga dapat menggunakan toolbox simelectronics/Simulink. Dari hasil simulasi didapat bahwa DC servomotor telah mencapai kecepatan yang stabil pada waktu yang relative singkat dengan sinyal kesalahan penggerak yang sangat kecil pula. Pemodelan DC servomotor dengan menggunakan metode fungsi alih yang dikendalikan dengan PID control sudah memberikan actual response yang optimal dan akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Zhang, L.S. Shieh, C.M. Akujuobi & W. Ali, Digital PID controller design for delayed multivariable systems, *Asian Journal of Control*, 6(4), 2004.
- [2] A.A.El-Samahy, M.A.El-Sharkawi, and S.M.Sharaf, "Adaptive multi-layer self-tuning high performance tracking control for DC brushless motors," *IEEE Trans. on Energy Conversion*, vol. 9, pp. 311-316, 1994.
- [3] J. Y. Hung, R. M. Nelms, and P. B. Stevenson, "An output feedback sliding mode speed regulator for dc drives," *IEEE Trans. Ind. App.*, vol. 30, pp. 691-698, 1994.
- [4] F. F. Cheng and S. N. Yeh, "Application of fuzzy logic in the speed control of AC servo system and an intelligent inverter," *IEEE Trans. On Energy Conversion*, vol. 8, pp. 312-318, 1993.
- [5] W. Widhiada, S.S. Douglas, I.D.Jenkinson and J.B. Gomm, "Design and control of three fingers motion for dexterous assembly of compliant elements", *International Journal of Engineering, Science and Technology*, Vol. 3, No. 6, pp. 18-34, 2011.
- [6] Dorf, Richard C. and Robert H. Bishop, *Modern Control Systems*, 9th ed., Prentice-Hall Inc., New Jersey-07458, USA, 2001, Chapters 1, 5, pp. 1-23, pp. 173-206.