

IMPLEMENTASI KONTROL PID DENGAN TUNING PSO PADA KENDALI KECEPATAN MOTOR DC UNTUK *PROTOTYPE* LIFT BARANG BERBASIS PLC**Mohammad Farich Rachman**

Universitas Negeri Surabaya

Email: mohammadfarich.21049@mhs.unesa.ac.id**Abstract (English)**

This study aims to design and develop a speed control system for a DC motor on a small-scale prototype goods lift using a Proportional Integral Derivative (PID) control algorithm implemented through a Programmable Logic Controller (PLC). The main objective is to maintain motor speed stability against varying loads with high accuracy. The PID controller is tuned using the Particle Swarm Optimization (PSO) method to obtain optimal parameter values (K_p , K_i , K_d), which are then applied in the ladder diagram programming of a Lolette FX3U PLC. The control system incorporates a rotary encoder for feedback and a voltage-to-PWM converter to regulate the L298N motor driver. The motor's speed setpoint is established at 50 RPM, derived from the required linear speed of the lift prototype. Testing results demonstrate that the PID controller tuned with PSO offers a faster response, no overshoot, and minimal steady-state error compared to the trial-and-error method or a system without PID control. The system is able to maintain a speed error below 5% from the setpoint under loads up to 2 kg, although performance declines with heavier loads. Various tests under different weights and directions (ascending/descending) indicate stable and consistent performance. This study confirms that combining PID control with PSO tuning is highly effective for controlling DC motor speed in small-scale vertical transportation systems and holds strong potential for further industrial automation applications.

Article History

Submitted: 25 Juli 2025

Accepted: 28 Juli 2025

Published: 29 Juli 2025

Key Words

PID, PSO, DC Motor, PLC, Rotary Encoder, Goods Lift, Speed Control

Abstrak (Indonesia)

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem kendali kecepatan motor DC pada *prototype* lift barang skala kecil, dengan menggunakan kontrol *Proportional Integral Derivative* (PID) berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC). Fokus utama penelitian adalah mempertahankan kestabilan kecepatan motor terhadap perubahan beban dengan akurasi tinggi. Dalam implementasinya, kontrol PID dituning menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk memperoleh parameter optimal (K_p , K_i , K_d), yang kemudian diimplementasikan ke dalam *ladder diagram* pada PLC Lolette FX3U. Proses pengendalian juga dilengkapi dengan *rotary encoder* sebagai sistem umpan balik dan modul konversi tegangan ke PWM untuk mengendalikan *driver motor* L298N. *Setpoint* kecepatan motor disesuaikan dengan kebutuhan *prototype* yaitu 50 RPM, hasil konversi dari kecepatan linear lift. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dengan PID yang dituning menggunakan PSO memberikan respon yang lebih cepat, tanpa *overshoot*, dan memiliki kesalahan *steady-state* yang rendah dibandingkan metode *trial and error* maupun sistem tanpa kontrol PID. Sistem mampu mempertahankan *error* kecepatan di bawah 5% terhadap *setpoint* pada beban hingga 2 kg, namun performa menurun di atas beban tersebut. Pengujian dilakukan dengan berbagai variasi beban dan arah pergerakan (naik-turun), memperlihatkan kestabilan yang baik secara keseluruhan. Penelitian ini membuktikan bahwa kombinasi kontrol PID dan tuning PSO cukup efektif untuk aplikasi pengendalian kecepatan motor DC dalam sistem angkut vertikal skala kecil, serta menunjukkan potensi untuk pengembangan lebih lanjut di lingkungan industri otomatis.

Sejarah Artikel

Submitted: 23 Juli 2025

Accepted: 25 Juli 2025

Published: 26 Juli 2025

Kata Kunci

PID, PSO, Motor DC, PLC, Rotary Encoder, Lift Barang, Kendali Kecepatan

Pendahuluan

Perkembangan teknologi di era industri 4.0 mendorong kebutuhan akan sistem otomasi yang andal dan efisien, terutama dalam sektor industri manufaktur dan logistik. Salah satu aspek vital dalam sistem otomasi adalah pengangkutan barang secara vertikal yang umumnya dilakukan melalui sistem lift. Untuk menjamin kinerja yang optimal, sistem lift harus mampu

menjaga kestabilan kecepatan angkut meskipun terjadi variasi beban. Hal ini menuntut penerapan sistem kendali yang adaptif dan presisi tinggi.

Motor DC sering digunakan sebagai aktuator utama dalam sistem angkut skala kecil karena karakteristiknya yang responsif dan mudah dikendalikan. Namun, dalam implementasinya, motor DC rentan terhadap fluktuasi beban yang dapat mengganggu kestabilan kecepatan. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan algoritma kendali yang mampu menyesuaikan keluaran sistem secara dinamis terhadap perubahan kondisi. Kontrol Proportional-Integral-Derivative (PID) merupakan salah satu metode yang banyak digunakan karena kesederhanaannya, efektivitasnya dalam mereduksi error, serta kemampuannya menghasilkan respon sistem yang stabil.

Dalam konteks tuning parameter PID, metode konvensional seperti trial and error sering kali menghasilkan hasil yang suboptimal dan membutuhkan waktu yang lama. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, metode optimasi berbasis algoritma metaheuristik seperti Particle Swarm Optimization (PSO) dapat digunakan. PSO menawarkan pendekatan yang efisien dalam pencarian parameter optimal (K_p , K_i , K_d) dengan memanfaatkan mekanisme pencarian kolektif menyerupai perilaku kawanan burung.

Penelitian ini mengembangkan sebuah sistem kendali kecepatan motor DC pada prototype lift barang skala kecil, dengan mengintegrasikan kontrol PID yang dituning secara otomatis menggunakan metode PSO. Sistem ini kemudian diimplementasikan ke dalam ladder diagram pada Programmable Logic Controller (PLC) tipe Lolette FX3U. Sebagai sistem umpan balik, digunakan rotary encoder untuk mendeteksi kecepatan aktual motor, serta modul konversi tegangan-ke-PWM untuk mengatur sinyal kendali ke driver motor L298N. Sistem dirancang untuk menjaga kecepatan motor pada nilai setpoint 50 RPM yang telah ditentukan dari konversi kecepatan linear lift.

Melalui pendekatan ini, diharapkan sistem dapat mempertahankan performa kendali dengan kesalahan steady-state yang rendah dan respon dinamis yang stabil pada berbagai variasi beban. Penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi pada peningkatan performa sistem kendali motor DC, tetapi juga memperlihatkan potensi penerapan metode PSO dalam tuning kendali pada perangkat berbasis PLC dalam lingkungan otomasi industri.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen kuantitatif untuk mengembangkan dan menguji sistem kendali kecepatan motor DC pada prototype lift barang berbasis kontrol PID yang dituning menggunakan algoritma Particle Swarm Optimization (PSO), dan diimplementasikan melalui PLC Lolette FX3U.

Perancangan sistem terdiri dari dua bagian: perangkat keras yang mencakup motor DC 37GB-31ZY, driver L298N, rotary encoder, dan modul konversi tegangan ke PWM; serta perangkat lunak berupa program kendali PID dalam ladder diagram yang dibuat menggunakan software GX-Works2.

Tuning parameter PID (K_p , K_i , K_d) dilakukan secara otomatis menggunakan algoritma PSO di MATLAB, dengan fungsi evaluasi berupa Integral of Time-weighted Absolute Error (ITAE). Hasil tuning digunakan sebagai parameter kontrol dalam PLC.

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi performa sistem pada berbagai kondisi beban (0 – 2,5 kg) dengan setpoint 50 RPM, menggunakan parameter evaluasi seperti rise time, overshoot, settling time, dan steady-state error. Hasil pengujian dibandingkan antara sistem tanpa tuning dan dengan tuning PSO.

Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menghasilkan sistem kendali kecepatan motor DC berbasis kontrol PID yang dituning menggunakan Particle Swarm Optimization (PSO) dan diimplementasikan pada

PLC Lolette FX3U. Tujuan utama sistem adalah mempertahankan kecepatan motor DC pada nilai setpoint 50 RPM meskipun terjadi perubahan beban.

1. Hasil Tuning Parameter PID

Proses tuning menggunakan PSO menghasilkan nilai parameter optimal:

$$K_p = 0,6643, K_i = 10.0, \text{ dan } K_d = 0.01.$$

Parameter tersebut diperoleh dari iterasi algoritma PSO dengan fungsi objektif berbasis ITAE, dan menunjukkan hasil konvergensi yang stabil serta minim error pada simulasi sistem.

2. Uji Validasi Pembacaan Kecepatan

Sistem menggunakan rotary encoder untuk membaca kecepatan motor secara real-time. Hasil pengujian menunjukkan akurasi tinggi, dengan error pembacaan maksimum sebesar 0,83%, membuktikan sistem umpan balik bekerja dengan baik.

3. Respon Sistem terhadap Variasi Beban

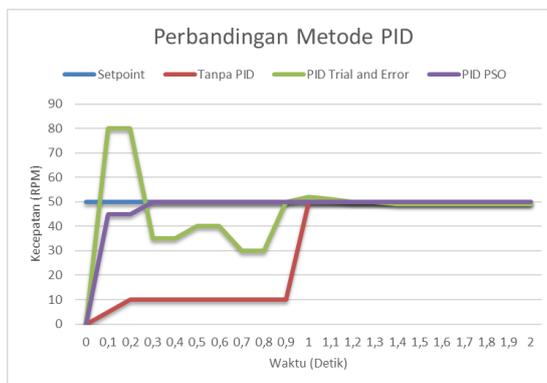
Sistem diuji dengan variasi beban mulai dari tanpa beban hingga 2,5 kg. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem kendali dengan PID tuning PSO mampu menjaga kecepatan tetap stabil dengan steady-state error di bawah 5% pada beban ≤ 2 kg. Pada beban 2,5 kg, terjadi sedikit penurunan performa akibat keterbatasan torsi motor.

4. Analisis Karakteristik Respon

Dibandingkan dengan kontrol PID non-PSO (manual), sistem dengan tuning PSO menunjukkan:

- Waktu naik (rise time) lebih cepat,
- Overshoot minimal bahkan tidak muncul,
- Settling time lebih singkat,
- Steady-state error lebih kecil dan konsisten.

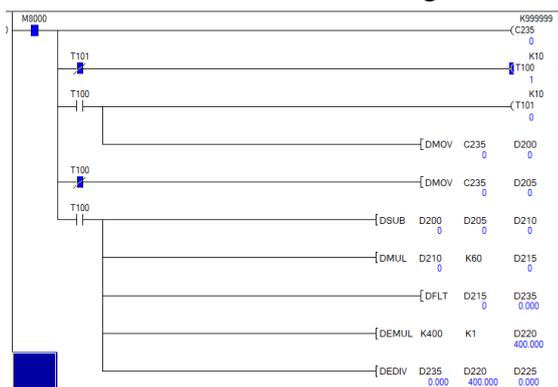
Grafik respon sistem menunjukkan bahwa tuning PSO memberikan hasil yang lebih optimal dan responsif dibandingkan dengan metode tuning yang lain.



Gambar 1. Grafik perbandingan metode PID
(Dokumen Pribadi)

5. Implementasi Ladder Diagram

Parameter hasil tuning dimasukkan ke dalam program ladder diagram pada PLC. Sistem dapat berjalan otomatis mulai dari pembacaan encoder, pengolahan PID, hingga kontrol kecepatan motor melalui output analog PLC yang dikonversi ke sinyal PWM.



Gambar 2. Program Pembacaan Kecepatan
(Dokumen Pribadi)

Hasil penelitian ini membuktikan bahwa metode PSO efektif untuk tuning kontrol PID secara otomatis dan menghasilkan performa sistem yang lebih stabil, presisi, dan adaptif terhadap variasi beban. Sistem ini layak diterapkan pada berbagai aplikasi otomasi skala kecil hingga menengah yang memerlukan pengendalian motor DC secara akurat.

Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem kendali kecepatan motor DC pada prototype lift barang menggunakan kontrol PID yang dituning secara otomatis dengan algoritma Particle Swarm Optimization (PSO) dan diimplementasikan melalui PLC Lolette FX3U.

Hasil menunjukkan bahwa parameter PID hasil tuning PSO mampu meningkatkan performa sistem, dengan karakteristik respon yang lebih cepat, minim overshoot, dan steady-state error di bawah 5% pada beban hingga 2 kg. Sistem juga mampu bekerja stabil pada berbagai variasi beban dan arah pergerakan.

Secara keseluruhan, kombinasi PID-PSO-PLC terbukti efektif dan aplikatif untuk sistem kendali kecepatan motor DC dalam aplikasi pengangkutan barang vertikal skala kecil, serta memiliki potensi kuat untuk diadaptasi di lingkungan industri otomasi.

Saran

1. Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan untuk skala industri sebenarnya dengan integrasi HMI.
2. Perlu eksplorasi algoritma tuning lain (misalnya PSO-GA) untuk hasil yang lebih optimal.
3. Tambahkan pemantauan konsumsi daya guna meningkatkan efisiensi energi.

Implikasi Praktis

1. Sistem ini cocok diterapkan pada lift barang skala kecil hingga menengah di lingkungan industri.
2. Penggunaan PLC memudahkan integrasi ke sistem otomasi industri yang umum.
3. Tuning otomatis PSO menghemat waktu dan meningkatkan akurasi dibanding metode manual.

Daftar Pustaka

- Affandi, M. (2020). *Optimasi Parameter Kontrol PID Menggunakan Particle Swarm Optimization (PSO)*. Jurnal Teknik Elektro, 18(2), 55–62.
- Arjuna Sutanto. (2017). *Kontrol PID dan Implementasinya dalam Sistem Otomasi*. Surabaya: Graha Ilmu.

- Awouda, E. (2020). *Evaluation Criteria in Control System: ITAE and Its Application*. International Journal of Control Systems, 12(3), 213–220.
- Farikh, M. (2024). *Analisis Pengaruh Parameter PID terhadap Respon Sistem Motor DC*. Jurnal Teknik Elektro Terapan, 9(1), 42–49.
- Ginting, A. (2016). *Desain Sistem Kendali Motor DC dengan PID untuk Aplikasi Lift Barang Miniatur*. Jurnal Elektro dan Kontrol, 5(1), 25–30.
- Ivananda, R. (2024). *Metode Tuning PID Berbasis Algoritma Metaheuristik*. Bandung: CV Teknologi Mandiri.
- Jasni, R. (2022). *Optimasi Kendali PID Menggunakan Particle Swarm Optimization (PSO)*. Jurnal Rekayasa Sistem, 10(1), 35–44.
- Muchlas, M. (2017). *Teknik Kontrol Motor Listrik dan Aplikasinya*. Yogyakarta: UNY Press.
- Pardosi, A. (2024). *Perancangan Driver Motor L298N pada Sistem Otomasi*. Jurnal Teknik Robotika, 6(2), 112–118.
- Panji Saka Gilap Asa. (2016). *Dasar-dasar Pengendalian Otomatis*. Jakarta: PT Media Sains Nusantara.
- Rahmaliah, S. (2024). *Pemanfaatan MATLAB untuk Simulasi Sistem Kendali*. Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi, 11(1), 66–72.
- Rizqiawan, R. (2022). *Implementasi Rotary Encoder dalam Pengukuran Kecepatan Motor*. Jurnal Teknik Elektro, 8(3), 89–95.
- Suprianto, H. (2020). *Prinsip Kerja dan Aplikasi Saklar Push Button dalam Sistem Industri*. Jurnal Otomasi Industri, 5(1), 14–20.
- Surindra, R. (2022). *Motor DC dan Karakteristiknya dalam Sistem Otomasi*. Yogyakarta: Listrik Pintar.
- Wibowo, D. (2020). *Kendali Kecepatan Motor DC Menggunakan PWM Berbasis Arduino*. Jurnal Elektro Edukasi, 4(2), 90–96.
- Wirawan, A. (2016). *Kendali Motor Listrik dalam Sistem Elektronika Daya*. Bandung: Penerbit Rekayasa Sains.