SinarFe7
Seminar Nasional Fortei Regional 7

ISSN (Print) : 2621-3540
ISSN (Online) : 2621-5551

Optimasi Kinerja Motor Sebagai Penggerak Belt Conveyor Berbasis Modified Firefly Algorithms

[1]Fany Wahyu Puji Astoro, [2] Machrus Ali, [3] Dwi Ajiatmo
[1,2,3] Program Studi Elektro, Universitas Darul Ulum, Jombang, Jawa Timur, Indonesia
[1] fanyginot13@gmail.com, [2] machrus7@gmail.com, [3] ajiatmo@gmail.com

Abstract - Modern manufacturing industries require reliable and efficient drive systems, including three-phase induction motors in belt conveyors that ensure continuous material distribution. This study investigates the performance of a 1.5 kW three-phase induction motor at PT. Dayasa Aria Prima, which faces high-load conditions and frequent trips on the Thermal Overload Relay (TOR) due to significant current surges when loads exceed 80% capacity, leading to stator overheating and operational shutdown. A quantitative-experimental approach was applied by measuring current and voltage under varying loads to determine safe operating limits and optimal protection settings. A conveyor system model was developed using electrical engineering parameters, and a PID controller was optimized with a Modified Firefly Algorithm (MFA) in MATLAB. The MFA was enhanced with dynamic adaptation and additional exploitation operators to improve convergence speed and robustness against local optima. Results indicate a safe operating load range of 1.3–1.4 kW, with the MFA-optimized PID controller stabilizing conveyor speed, increasing control efficiency by 11.6%, and reducing overload risk by 42% compared to conventional control. The novelty lies in the application of MFA using real industrial field data, the integration of experimental measurements with numerical simulations for precision improvement, and the enhancement of MFA for faster convergence and better stability. This research offers practical value for industries dependent on belt conveyors by providing an adaptive, energy-efficient motor control strategy that minimizes downtime, extends motor lifespan, and reduces operational costs.

Keywords — Induction Motor, Belt Conveyor, Modified Firefly Algorithm, PID Controller, Motor Performance Optimization

Abstrak—Industri manufaktur modern memerlukan sistem penggerak yang andal dan efisien, termasuk motor induksi tiga fasa pada belt conveyor yang berperan penting dalam menjaga kontinuitas distribusi material. Penelitian ini mengkaji kinerja motor induksi tiga fasa 1,5 kW di PT. Dayasa Aria Prima yang menghadapi kondisi beban tinggi dan frequent trip pada Thermal Overload Relay (TOR) akibat lonjakan arus signifikan ketika beban melebihi 80% kapasitas, yang menyebabkan suhu kumparan stator meningkat dan menghentikan operasi. Pendekatan kuantitatif-eksperimental dilakukan melalui pengukuran arus dan tegangan pada variasi beban untuk menentukan batas aman operasi serta pengaturan proteksi optimal. Model sistem konveyor dibangun berdasarkan parameter teknik elektro, kemudian pengendali PID dioptimalkan menggunakan Modified Firefly Algorithm (MFA) pada MATLAB. MFA ditingkatkan dengan skema adaptasi dinamis dan operator eksploitasi tambahan untuk mempercepat konvergensi serta meningkatkan ketahanan terhadap local optimum. Hasil penelitian menunjukkan rentang beban aman motor berada pada 1,3–1,4 kW, dengan PID hasil optimasi MFA mampu menstabilkan kecepatan konveyor, meningkatkan efisiensi kontrol sebesar 11,6%, dan mengurangi risiko overload hingga 42% dibandingkan metode konvensional. Kebaruan penelitian terletak pada penerapan MFA berbasis data lapangan industri, integrasi pengukuran eksperimental dengan simulasi numerik untuk peningkatan presisi, serta pengembangan MFA yang lebih cepat dan stabil. Penelitian ini memberikan nilai praktis bagi industri yang mengandalkan belt conveyor melalui strategi pengendalian motor adaptif dan hemat energi yang dapat meminimalkan downtime, memperpanjang umur motor, dan menekan biaya operasional.

Kata Kunci— Motor Induksi, Belt Conveyor, Algoritma Firefly Termodifikasi, Pengendali PID, Optimasi Kinerja Motor

I. PENDAHULUAN

Energi listrik menjadi tulang punggung industri modern, termasuk di PT. Dayasa Aria Prima yang mengoperasikan motor induksi tiga fasa 1,5 kW sebagai penggerak utama belt conveyor [1]. Belt conveyor memindahkan material

ISSN (Print) : 2621-3540
ISSN (Online) : 2621-5551

dalam volume besar secara terus-menerus [2], sehingga performa motor sangat memengaruhi kelancaran distribusi, efisiensi energi, dan produktivitas [3]. Operasi di luar kondisi optimal dapat menurunkan efektivitas sistem, meningkatkan biaya pemeliharaan, dan memicu kerusakan komponen. Pemantauan rutin terhadap beban dan efisiensi menjadi langkah preventif penting. Motor induksi mengubah energi listrik menjadi energi mekanik untuk menggerakkan sabuk conveyor [4], sehingga kapasitas daya harus sesuai beban agar sistem stabil. Gangguan pada motor dapat menimbulkan downtime dan penurunan output produksi. Salah satu masalah umum adalah trip pada Thermal Overload Relay (TOR) akibat beban mendekati maksimum [5], yang memicu lonjakan arus dan peningkatan suhu kumparan stator. Kondisi ini mempercepat kerusakan isolasi dan keausan komponen [6], meningkatkan konsumsi energi [7], serta mempercepat ausnya belt, pulley, dan bearing [8].

Penelitian sebelumnya membuktikan efisiensi motor berpengaruh signifikan terhadap biaya operasional [9], dan fluktuasi beban berdampak besar pada kinerja motor induksi [10]. Analisis berbasis data nyata diperlukan untuk evaluasi menyeluruh [11]. Di PT. Dayasa Aria Prima, pengukuran arus, tegangan, dan torsi pada berbagai beban digunakan untuk menentukan kapasitas optimal motor [12], mendeteksi potensi overload, dan mendukung keputusan pengelolaan energi [13]. Perkembangan algoritma optimasi seperti Firefly Algorithm (FA) [14] dan Modified Firefly Algorithm (MFA) [6] menawarkan tuning PID adaptif berbasis data aktual, mengurangi overshoot dan undershoot, serta menjaga kestabilan sistem. Penerapan MFA pada motor induksi dengan beban dinamis mampu menurunkan risiko overload, meningkatkan efisiensi energi, dan menjaga operasi pada titik optimal. Integrasi data lapangan dan optimasi menghadirkan solusi adaptif bagi industri berbasis otomasi [3]. Penelitian ini menganalisis performa motor induksi tiga fasa pada belt conveyor di PT. Dayasa Aria Prima dengan pengukuran lapangan dan simulasi MFA. Fokusnya mencakup penentuan batas aman beban, identifikasi penyebab trip TOR, dan evaluasi teknis-ekonomi. Hasil diharapkan menghasilkan parameter kontrol yang akurat, mendukung strategi proteksi, manajemen beban, dan peningkatan efisiensi. Pendekatan ini relevan bagi industri manufaktur yang mengandalkan konveyor, serta membuktikan bahwa integrasi kendali modern dan data real-time dapat menjadi kunci efisiensi, keandalan, dan keberlanjutan operasional.

II. METODE PENELITIAN

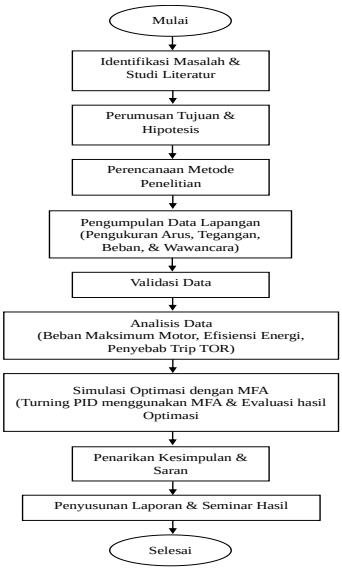
A. Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan pendekatan kuantitatif untuk menganalisis kinerja motor induksi tiga fasa 1,5 kW sebagai penggerak belt conveyor di PT Dayasa Aria Prima, yang berlokasi di Kecamatan Driyorejo, Kabupaten Gresik. Kegiatan penelitian dilakukan melalui pengamatan langsung di area produksi serta pengukuran arus dan tegangan motor menggunakan tang ampere dan multimeter pada berbagai variasi beban. Data lapangan diperoleh selama periode pengujian yang disusun dalam jadwal penelitian guna merepresentasikan kondisi operasional nyata. Informasi teknis dari nameplate motor dilibatkan untuk memvalidasi hasil pengukuran serta menentukan beban maksimal aman dan pengaturan Thermal Overload Relay (TOR). Analisis data dilakukan dengan interpolasi beban, perhitungan efisiensi energi, serta simulasi pengendali PID melalui Modified Firefly Algorithm (MFA) menggunakan platform MATLAB. Pendekatan ini memungkinkan evaluasi kinerja motor secara menyeluruh dengan memadukan hasil pengamatan langsung dan optimasi berbasis data aktual di lapangan.

B. Flowchat Peneltian dan metode

Diagram alir atau flowchat penelitian dan metode Firefly Algorithms dapat dilihat pada gambar 1 dan 2

ISSN (Print) : 2621-3540
ISSN (Online) : 2621-5551



Gambar 1. Diagram alur penelitian

Cahaya yang dihasilkan kunang-kunang berfungsi sebagai sarana komunikasi, mekanisme pertahanan, serta peringatan bahaya, dan dimiliki oleh semua individu tanpa membedakan jenis kelamin. Algoritma ini dibangun dengan asumsi bahwa setiap firefly memiliki daya tarik sebanding dengan tingkat kecerahannya, sehingga individu dengan cahaya lebih redup akan bergerak menuju yang lebih terang, sementara intensitas cahaya menurun seiring bertambahnya jarak. Jika tidak ada firefly yang lebih terang, pergerakan dilakukan secara acak untuk menjaga keragaman solusi [1]. Prinsip sederhana ini memungkinkan FA mengeksplorasi ruang pencarian secara efektif dengan meniru interaksi alami kunang-kunang. Dengan memanfaatkan perilaku kolektif tersebut, FA menjadi pendekatan adaptif untuk menyelesaikan berbagai permasalahan optimasi kompleks dalam teknik maupun sains komputasi. Diagram alir dari Firefly algorithm dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini:

Gambar 2. Diagram Alir *Firefly Algorithm* (FA)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem kendali umpan balik *Single-Input Single-Output* (SISO) merupakan konfigurasi dasar yang menghubungkan masukan acuan (r), keluaran sistem (y), serta gangguan (d) yang memiliki batas energi. Model

ISSN (Print) : 2621-3540
ISSN (Online) : 2621-5551

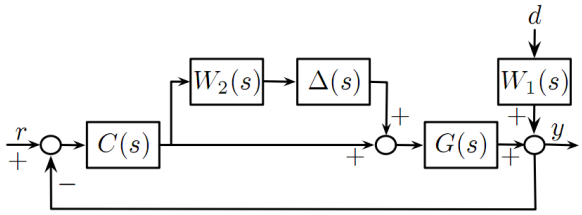
tanaman nominal dinyatakan sebagai G(s) dalam bentuk rasio dua polinomial koprima, G(s) = N(s)/D(s), dengan Δ(s) sebagai fungsi alih stabil dan tepat (proper) yang memenuhi batas norma tak hingga $\|\Delta\|_\infty < 1$. Fungsi pembobot $W_1(s)$ dan $W_2(s)$ digunakan untuk merepresentasikan karakteristik domain frekuensi terkait kinerja dan ketidakpastian model, di mana $D_1(s)$ dan $D_2(s)$ merupakan *polinomial Hurwitz* dengan seluruh akar berada di setengah bidang kiri s sehingga menjamin kestabilan sistem. Dalam implementasinya, pengendali yang digunakan adalah pengendali PID dengan bentuk umum yang dirancang untuk menjaga respons sistem tetap stabil, adaptif, serta mampu meminimalkan pengaruh gangguan maupun ketidakpastian parameter. Pendekatan ini memberikan kerangka teoritis yang kuat untuk analisis performa dan perancangan kontrol berbasis data pada sistem industri. Pengendali yang digunakan adalah pengendali PID dengan bentuk umum sebagai berikut:

$$C(s) = k_p + \frac{k_i}{s} + k_d s = \frac{k_d s^2 + k^P s + k_i}{s} \quad (1)$$

Fungsi *complementary sensitivity* T(s) dan *sensitivity function* S(s) masing-masing dirumuskan sebagai: Selanjutnya, persamaan karakteristik sistem umpan balik nominal dapat didefinisikan sebagai:

$$T(s) = \frac{C(s)G(s)}{1+C(s)G(s)}, \qquad S(s) = \frac{1}{1+C(s)G(s)} \quad (2)$$

Pendekatan untuk mencapai kestabilan PID dalam sistem umpan balik nominal setara dengan menempatkan semua akar dari polinomial karakteristik loop tertutup di wilayah setengah bidang kiri pada bidang s. Dengan kata lain, kita harus memenuhi syarat bahwa:



Gambar 3. Konfigurasi sistem kontrol umpan balik

Proses penentuan parameter PID pada sistem konveyor sabuk berdimensi pendek yang digerakkan motor servo DC dilakukan melalui pendekatan *Polynomial Stability* (PS) untuk memastikan kestabilan polinomial pada kondisi nominal maupun saat terjadi ketidakpastian parameter. Model matematis sistem dibangun dalam dua versi, yaitu model nominal sebagai representasi ideal tanpa gangguan serta model dengan fungsi pembobot W_2 untuk memodelkan ketidakpastian, yang keduanya menjadi dasar penerapan metode *Pole-Shifting* (PS). Verifikasi terhadap kondisi kestabilan dilakukan dengan menganalisis irisan wilayah penguat PID hasil algoritma PS antara model nominal dan model perturbasi untuk memastikan kinerja robust. Analisis frekuensi terhadap Persamaan (1) digunakan sebagai validasi, baik pada wilayah penguat awal maupun setelah koreksi. Himpunan solusi yang memenuhi kriteria robust kemudian diolah untuk menentukan parameter optimal dengan meminimalkan norma tak hingga, di mana nilai terendah ditemukan pada pusat massa (centroid) wilayah *admissible* terbesar. Pendekatan ini memberikan parameter pengendali PID yang tidak hanya stabil, tetapi juga adaptif terhadap variasi beban dan ketidakpastian, sehingga kinerja sistem konveyor dapat dipertahankan secara efisien dan andal.

Tabel 1. Parameter Sistem *Belt Convenyor*

Parameter	Nilai	Unit
Rotor inertia (J)	1.2×10^{-6}	Kg ·m^2
Torque constant (Km)	13.3×10^{-1}	N·m/A
Back emf. constant (K_b)	13.3×10^{-1}	Volt/rad
Resistance (R)	2.17	Ω
Inductance (L)	1.17×10^{-2}	H
Friction torque (B)	2.5×10^{-3}	N·m·s
Motor radius (r)	17.4	mm
Belt elastic modulus (k)	4.5×10^{-2}	N/m
Belt mass (M_b)	0.2	kg

ISSN (Print) : 2621-3540
ISSN (Online) : 2621-5551

Parameter	Nilai	Unit
Material mass (*Mm*)	1	kg

Model matematis sistem konveyor sabuk yang digerakkan motor servo DC direpresentasikan dalam dua komponen utama, yaitu motor DC sebagai penggerak dan beban konveyor sebagai elemen yang dipindahkan. Fungsi alih beban (Gl_o) mencakup karakteristik sabuk konveyor beserta massa material yang dibawanya, yang berperan sebagai lintasan umpan balik dari sudut putar motor terhadap torsi yang dihasilkan. Variabel masukan sistem adalah tegangan listrik, sedangkan keluarannya berupa sudut rotasi motor, dengan Gl_o menghasilkan gaya torsi yang secara langsung mempengaruhi kinerja motor. Untuk penyederhanaan analisis, gaya gesekan diabaikan karena kontribusinya relatif kecil terhadap dinamika sistem secara keseluruhan. Pada konveyor sabuk berdimensi pendek, Gl_o dimodelkan sebagai sistem massa-pegas tunggal, di mana pegas merepresentasikan elastisitas sabuk, sedangkan massa total merupakan gabungan massa sabuk dan material yang diangkut. Pendekatan ini memungkinkan perumusan fungsi alih beban secara komprehensif sehingga dapat menggambarkan interaksi antara motor dan konveyor dengan lebih presisi.

$$G_0 = \frac{N_0(s)}{D_0(s)} = \frac{K_m}{G_0\,(L_s+R)+(K_m K_b s+s\,(J_s+B)(L_s+R)} \quad (3)$$

a. PID Ziegler-Nichols

Desain kendali PID dengan pendekatan robust control memberikan kestabilan dan keandalan lebih tinggi dibanding metode Ziegler-Nichols. Parameter PID hasil optimasi Pole-Shifting (K_p=3,44; K_i=0,580; K_d=0,093) mampu memenuhi kriteria kestabilan sekaligus mempertahankan performa sistem di tengah ketidakpastian beban dan variasi parameter motor, serta efektif meredam gangguan.

b. Metode Firefly Algorithm (FA)

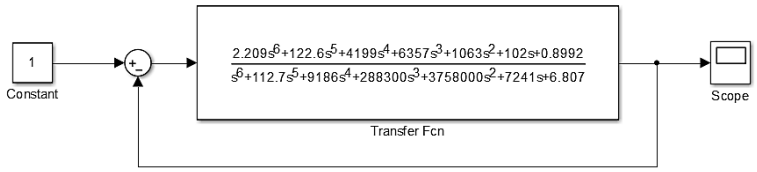
Algoritma ini didasarkan pada tiga prinsip utama: setiap kunang-kunang bersifat unisex dan saling tertarik tanpa membedakan jenis kelamin, daya tarik berbanding lurus dengan tingkat kecerahan yang menurun seiring jarak, serta intensitas cahaya ditentukan oleh nilai fungsi objektif yang mewakili kualitas solusi. Dalam konteks optimisasi, kecerahan cahaya dianggap sebanding dengan nilai fungsi tujuan, serupa dengan konsep fitness pada algoritma genetika [18]. FA memungkinkan eksplorasi ruang solusi yang adaptif melalui mekanisme interaksi antarindividu, sehingga efektif dalam menemukan parameter kontrol yang optimal. Pendekatan ini sebelumnya telah diaplikasikan untuk mengoptimasi sistem kendali pada pergerakan steer mobil auto pilot dengan hasil yang lebih baik dibandingkan metode PID konvensional [19]. Dengan fleksibilitas dan kemampuan adaptasinya, FA menjadi metode yang relevan untuk tuning PID pada sistem industri yang memerlukan kestabilan dan efisiensi tinggi.

c. Metode Modified Firefly Algorithm (MFA)

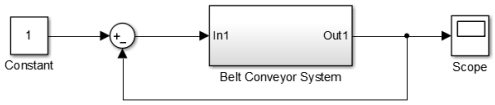
Dengan memodifikasi nilai beta pada setiap iterasi dengan persamaan pada program pada pseucode; betamin=0.1+(0.8*(kq/MaxGeneration)); nilai beta pada setiap iterasi akan berubah (bertambah) mulai dari 0.1 pada iterasi pertama sampai 0.9 pada itarasi terakhir. Dengan memodifikasi nilai alpha pada setiap iterasi dengan persmaan pada program alpha=0.9-(0.8*(kq/MaxGeneration)); nilai alpha pada setiap iterasi akan berubah (berkurang) mulai dari 0.9 pada iterasi pertama sampai 0.1 pada iterasi terakhir. Nilai gamma = 0, tidak diperlukan karena bukan merupakan kasus yang sangat kompleks

d. Pemodelan dengan Simulink Matlab

Dari hasil penyederhanaan transfer function didapatkan model transfer function seperti pada gambar 4:

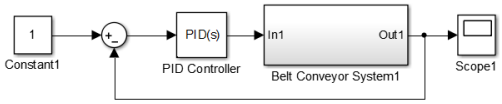


Gambar 4. Simulink *Belt Conveyor* dengan *Transfer Function*

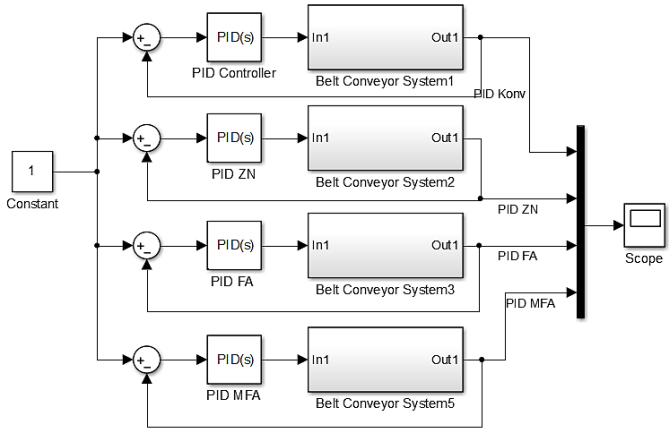


Gambar 5. *Belt Conveyor* Tanpa Kontrol

ISSN (Print) : 2621-3540
ISSN (Online) : 2621-5551



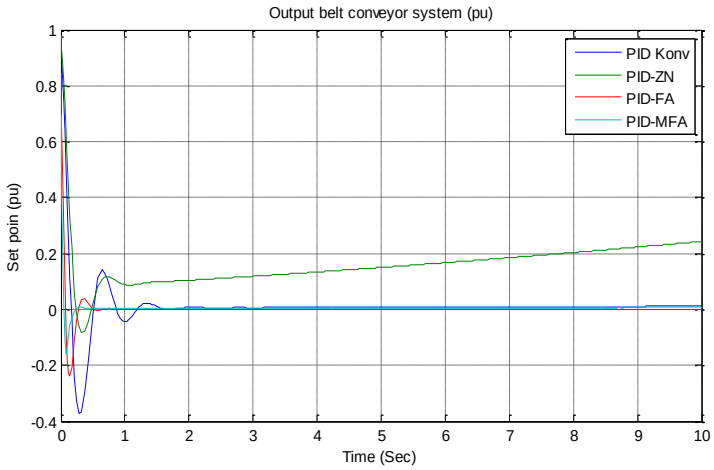
Gambar 5. *Belt Conveyor* dengan Control PID



Gambar 6. Perbandingan Performasi *Belt Conveyor* dengan Berbagai Kontrol

e. Hasil Simulink Matlab

Hasil simulasi didapatkan profile performasi belt conveyor sebagaimana digambarkan pada gambar 8:



Gambar 7. Hasil Simulasi Perbandingan Performasi Belt Conveyor

Tabel 2. Konstanta Kp, Ki, Kd Dan Performasi Belt Conveyor

	PID konv	PID-ZN	PID-FA	PID-MFA
Kp	1	11.4704	2.4771909	1.0366455
Ki	1	50.2557	0.0215279	1.0984345
Kd	0	0.0930	0.7622230	0.0736531
Overshot	0.956	0.975	0.844	0.695
Undershot	0,629	0.370	0.237	0.161

Dari hasil table 2 dan gambar 7 dapat diperoleh bahwa, *overshot* tertinggi pada PID Konvensional sebesar 0,956 dan terendah pada PID MFA sebesar 0,695. *Undershot* tertinggi pada PID Konvensional ebesar 0,629 dan terendah pada PID MFA sebesar 0,161. Dengan demkina dapat dikatakan bahwa metode control terbaik pada metode control PID-MFA. Analisis terhadap hasil simulasi menunjukkan bahwa penggunaan metode Modified Firefly Algorithm (MFA) menghasilkan performa sistem pengendalian PID yang paling unggul dibandingkan metode lainnya. Hal ini

ISSN (Print) : 2621-3540
ISSN (Online) : 2621-5551

dapat dilihat dari nilai overshoot dan undershoot yang paling rendah, masing-masing sebesar 0,695 dan 0,161. Artinya, sistem yang dikendalikan dengan PID-MFA mampu merespons perubahan referensi dengan lebih halus dan stabil tanpa mengalami lonjakan atau penurunan yang berlebihan. Kondisi ini sangat penting dalam aplikasi industri seperti konveyor sabuk, di mana kestabilan dan keandalan sistem sangat dibutuhkan untuk menghindari kerusakan mekanis atau gangguan pada aliran produksi. Metode konvensional dan Ziegler-Nichols menghasilkan performa yang kurang optimal, terutama pada kondisi sistem yang mengandung ketidakpastian atau perubahan parameter. PID-Ziegler-Nichols memang memberikan respon yang cepat, tetapi bersifat agresif dan rentan terhadap gangguan. Keunggulan PID-MFA terletak pada fleksibilitas algoritma dalam menyesuaikan parameter kontrol secara adaptif di setiap iterasi. Dengan memodifikasi parameter pencarian seperti beta dan alpha selama proses optimasi, algoritma ini mampu mengeksplorasi solusi secara lebih cermat dan efisien, sehingga menghasilkan parameter PID yang benar-benar optimal untuk menjaga kestabilan sistem. Hasil ini diperkuat oleh simulasi pada berbagai skenario ekstrem seperti perubahan massa beban dan elastisitas sabuk, di mana PID-MFA tetap mampu menjaga kinerja sistem. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa PID yang dituning menggunakan MFA adalah solusi paling andal untuk sistem kendali konveyor industri yang membutuhkan performa tinggi dan adaptivitas terhadap dinamika yang berubah-ubah.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi dapat diperoleh bahwa, overshot tertinggi pada PID Konvensional sebesar 0,956 dan terendah pada PID MFA sebesar 0,695. Undershot tertinggi pada PID Konvensional ebesar 0,629 dan terendah pada PID MFA sebesar 0,161. Dengan demkina dapat dikatakan bahwa metode control terbaik pada metode control PID-MFA

V. DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Yafioda dan E. Endryansyah, “Perbaikan Unjuk Kerja Motor 3 Fasa Sebagai Penggerak Konveyor Menggunakan Kontrol PID,” J. Tek. ELEKTRO, vol. 12, no. 3, hlm. 83–91, Agu 2023, doi: 10.26740/jte.v12n3.p83-91.
[2] M. Y. Raynonto, Perencanaan Produktivitas Alat Berat Bagi Pemula. Makassar: Tohar Media, 2023.
[3] H. M. Yudha, Buku Ajar Penggunaan Motor Listrik. Sydney: Pantera Publishing, 2020.
[4] R. R. Miliarno, “Penentuan Kapasitas Daya Motor Asinkron sebagai Penggerak Belt Conveyor Untuk Mengangkut Pulp Di PT. Tanjungenim Lestari Pulp and Paper,” Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, 2020.
[5] M. Jain, V. Saihjpal, N. Singh, dan S. B. Singh, “An Overview of Variants and Advancements of PSO Algorithm,” Appl. Sci., vol. 12, no. 17, hlm. 8392, 2022.
[6] M. Naim, Buku Ajar Sistem Kontrol dan Kelistrikan Mesin. Pekalongan: NEC, 2021.
[7] R. W. F. Rian, “Analisis Terjadinya Kelebihan Beban Pada Motor Listrik Purifier Minyak Lumas Di Kapal Mt. Kyodo,” Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar, Makassar, 2023.
[8] R. Majumdar, S. Kothari, dan A. Gupta, “Challenges in the Management of Pressure Ulcers,” IJPMR, vol. 17, no. 1, hlm. 1–4, 2006.
[9] D. Li dan X. Wang, “Dynamic Supply Chain Decisions Based on Networked Sensor Data: An Application in the Chilled Food Retail Chain,” Int. J. Prod. Res., vol. 55, no. 17, hlm. 5127–5141, doi: https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1047976.
[10] S. Zhang dan X. Xia, “Modeling and Energy Efficiency Optimization of Belt Conveyors,” Appl. Energy, vol. 88, no. 9, hlm. 3061–3071, 2011.
[11] I. S. D. Herwanto dan A. Akbar, “Manufacturing of Roll Conveyors,” Procedia Eng. Life Sci., vol. 5, no. 1, hlm. 300–302, 2024, doi: https://doi.org/10.21070/pels.v7i0.1470.
[12] H. Zulfikar, D. R. Saputra, A. Maulana, Y. A. Cahyono, dan S. Sahara, “Peningkatan Efisiensi Operasional Pergudangan Melalui Teknologi Canggih,” J. Ilm. Wahana Pendidik., vol. 9, no. 16, hlm. 393–402, 2023, doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.8242563.
[13] B. Waskito, H. Abdillah, dan A. Dwiyanto, “Analisis Perawatan Mesin Belt Conveyor di PT. X,” Innov. J. Soc. Sci. Res., vol. 5, no. 1, hlm. 2969–2978, 2025.
[14] B. T. Juniata, “Perancangan dan Simulasi Belt Conveyor untuk Mengangkut Biomassa Serbuk Kayu sebagai

ISSN (Print) : 2621-3540
ISSN (Online) : 2621-5551

Campuran Batubara untuk Pembakaran pada Boiler dengan Kapasitas 16, 7 Ton/Jam," Universitas Ultan Ageng Tirtayasa, Banten, 2023.

[15] G. Youssef, "Development of Conveyor Belts Design for Reducing Energy Consumption in Mining Applications," Ain Sham University, Mesir, 2016.

[16] B. T. Junianta, "Perancangan dan Simulasi Belt Conveyor untuk Mengangkut Biomassa Serbuk Kayu sebagai Campuran Batubara untuk Pembakaran pada Boiler dengan Kapasitas 16,7 Ton/Jam," Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten, 2023.

[17] A. Pratama dan D. Agusman, "Analysis Kekuatan Kontruksi Rangka Pada Perancangan Design Belt Conveyor Menggunakan Ansys Workbench," Sainteks J. Sain Dan Tek., vol. 5, no. 1, hlm. 12–21, 2023, doi: https://doi.org/10.37577/sainteks.v5i1.3.