

Optimasi Dual Axis Tracking Untuk Solar Cell Berbasis Imperialis Competitive Algorithm (ICA)

¹ Mohammad Hasib Al Isbilly, ² Tubagus Fahmi, ³ Markhaban Siswanto

^{1,3} Jurusan Teknik Sipil, Universitas Darul Ulum, Jombang

² Jurusan Teknik Elektro, Universitas Darul Ulum, Jombang

¹ mh.alisbilly@gmail.com, ² tubagusfahmi910@gmail.com,

³ markhabansiswanto@gmail.com

Abstract – Pemanfaatan energi fosil sebagai bahan bakar listrik menyebabkan bumi mengalami global warming. Sebagai negara tropis Indonesia memiliki potensi besar untuk mengembangkan energi matahari sebagai pengganti energi fosil. Peningkatan efisiensi dalam penangkapan cahaya matahari akan lebih mengoptimalkan kerja dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Salah satu cara yang dapat dilakukan dengan membuat tracker matahari agar Panel Surya bisa mengikuti arah gerak matahari. Desain Optimasi Tracker matahari menggunakan dual axis menggunakan control Proportional Integral Diferensial (PID) yang di tuning dengan Imperialis Competitive Algorithm (ICA) diharapkan mampu mendapatkan Sudut yang sesuai anantara yaw dan Pitch dengan Azimuth dan Sudut Elevasi. Desain controller PID – ICA ini dilakukan dengan menggunakan Software matlab. Untuk sumbu putar vertical dan horisontal diharapkan memperoleh konstanta PID-ICA yang paling baik, yang nantinya akan berpengaruh pada kinerja dan optimasi sistem photovoltaic. Hasil optimasi yang terbaik menggunakan PID berbasis ICA dengan nilai settling time 0.0906 s pada horizontal axis dan 0.094 s pada vertical axis.

Kata Kunci – Dual Axis Tracker, Imperialist Competitive Algorithm, Matlab, Photovoltaic

Abstract - The use of fossil energy as an electric fuel causes the earth to experience global-warming. As a tropical country, Indonesia has great potential to develop solar energy as a substitute for fossil energy. Increased efficiency in capturing sunlight will further optimize the work of the Solar Power Plant (PLTS). One way that can be done is by making a solar tracker so that the Solar Panel can follow the direction of the sun's motion. Optimization Design The solar tracker uses dual axis using Proportional Integral Differential (PID) control tuned with the Imperialis Competitive Algorithm (ICA), which is expected to be able to get the right angle between the yaw and Pitch with Azimuth and Elevation Angle. The PID-ICA controller design is done using matlab software. For vertical and horizontal rotary axes it is expected to obtain the best PID-ICA constant, which in turn will affect the performance and optimization of the photovoltaic system. The best optimization results using ICA-based PID with a settling time value of 0.0906 s on the horizontal axis and 0.094 s on the vertical axis

Keywords – Dual Axis Tracker, Imperialist Competitive, Algorithm Matlab, Photovoltaic

I. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan sistemnya yang modular dan mudah dipindahkan merupakan

salah satu solusi yang dapat dipertimbangkan sebagai salah satu pembangkit listrik alternatif[1]. Salah satu upaya untuk meningkatkan efisiensi panel surya yaitu dengan menambahkan sistem kendali tracking matahari. Sistem kendali tracking matahari adalah sistem kendali yang selalu mengikuti posisi matahari[2]. Tujuan dari sistem tracking matahari ini adalah untuk menempatkan penampang agar selalu dalam posisi menghadap ke arah sinar matahari. Pada saat matahari terbit atau matahari terbenam nilai sudut elevasi adalah nol derajat. Nilai maksimal sudut elevasi adalah 90° pada saat posisi matahari tepat diatas kepala. Sudut azimuth matahari adalah posisi sudut matahari diukur dari arah utara bumi. Nilai sudut azimuth matahari 0° di arah utara, 90° di arah timur, 180° di arah selatan, dan 270° di arah barat. Saat ini Artificial Intelegent (AI) sering digunakan untuk mengembangkan berbagai keilmuan diantaranya sebagai kontrol mikrohidro[3][4], sebagai kontrol kecepatan motor DC[5], control steer kendaraan[6], sebagai kontrol sudu turbin angin [7]. Diantaranya juga menggunakan metode Ant Colony Optimization (ACO)[8][9][10], Firefly Algorithm (FA)[11][12][13], Bat Algorithm (BA)[14]. Sebelumnya telah diteliti dengan menggunakan Particle Swarm Optimization PSO[15]. Maka pada penelitian ini digunakan kecerdasan buatan BA sebagai tuning PID Controller.

II. PHOTOVOLTAIC

A. Parameters

Fotovoltaik sebagai beban sistem pelacakan matahari yang diproduksi khusus untuk wilayah Indonesia. Parameter DC motor didapatkan $J = 3.2284 \times 10^{-6} \text{ kg.m}^2$, $b = 3.5077 \times 10^{-6} \text{ Nms}$, $kb = 0.0274 \text{ Vsec/rad}$, $kt = 0.0274 \text{ Nm /Amp}$, $R = 4 \text{ } \Omega$, dan $L = 2.75 \times 10^{-6} \text{ H}$ [16]. Sistem transmisi gear adalah spur gear yang terdiri dari dua gigi, yaitu model M1B12 (jumlah gigi 12, massa 10 gr) dan model M1A20 (jumlah gigi 120, massa 1,32 kg). Dimensi PV adalah 670 x 1040 x 35 mm, dengan massa 7,5 kg, $J1 = 0.0022642 \text{ kg.m}^2$, $JT1 = 0.0023185 \text{ kg.m}^2$, $J2 = 0.0222231 \text{ kg.m}^2$, $JT2 = 0.0222774 \text{ kg.m}^2$.

B. Transfer Function DC Motor

Dengan menggunakan Transformasi Laplace didapatkan persamaan[17][18]:

$$LsI(s) + RI(s) = V(s) - Ks\theta(s) \quad (1)$$

Transfer Function DC Motor tanpa beban:

$$\frac{\theta(s)}{V(s)} = \frac{K}{s((Js+b)(Ls+R)+K^2)} \quad (2)$$

$$\frac{\theta(s)}{V(s)} = \frac{0.0274}{8.878 \times 10^{-12} s^3 + 1.291 s^2 + 0.0007647308 s} \quad (3)$$

C. Single Axis Tracking

Single Axis Tracking adalah alat yang digunakan untuk memanfaatkan sinar matahari pada solar cell secara maksimal dengan mengikuti arah matahari dari timur ke barat. Bergerak mengikuti sumbu putar vertical. Sumbu putar vertikal pada tracking matahari dimaksudkan untuk mengikuti sudut azimuth (γ) matahari yang di ukur dari timur ke barat. *Photovoltaic vertikal Axis Tracking* ditunjukkan dalam Gambar 1 berikut



Gambar 1. Tracking Matahari satu Sumbu.

Berdasarkan Gambar 1 diatas, pada *ekuinox*, matahari terbit tepat dari arah timur dan terbenam tepat di barat terlepas dari letak lintang, sehingga membuat *azimut* sudut 90° saat matahari terbit dan 270° saat matahari terbenam.

$$y = \arccos \left\{ \frac{\sin \delta \cos \varphi - \cos \delta \sin \varphi \cos HRA}{\cos a} \right\} \quad (4)$$

Secara umum distem penjejak matahari diklasifikasikan menjadi dua, yaitu penjejak matahari satu sumbu dan penjejak matahari dua sumbu. Penjejak matahari satu sumbu dibedakan jadi tiga, yaitu penjejak matahari sumbu vertikal. Penjejakan sumbu horizontal

D. Transfer Function Vertical Axis

Nilai torsi beban fotovoltaik diperoleh dari momen inersia panel sel surya dikalikan dengan percepatan sudut putar. Percepatan sudut putar berasal dari percepatan sudut gear1. Momen inersia panel sel surya vertical rotating-axis

$$J_1 = \frac{1}{2} m_{pv} (L^2 + W^2) \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 \quad [kg.m^2] \quad (5)$$

Momen inersia vertical rotating-axis PV roller tracker

$$J_{T2} = J_{st} + J_2 \quad [kg.m^2] \quad (6)$$

$$J_{T2} = 2.71684 \times 10^{-5} + J_2 \quad [kg.m^2] \quad (7)$$

Fungsi transfer penjejak matahari sumbu putar vertical:

$$\frac{\theta(s)}{V(s)} = \frac{K}{s((JT_2s+b)(Ls+R)+K^2)} \quad (8)$$

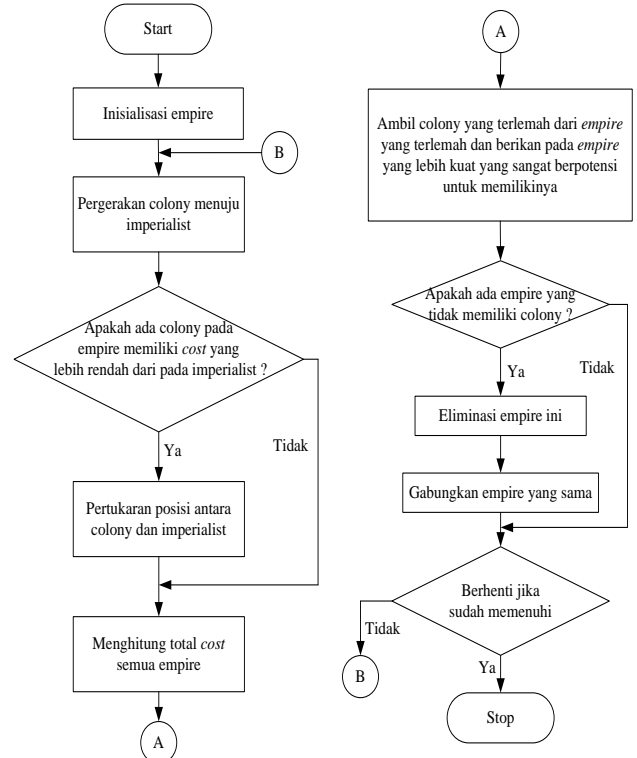
III. METODE PENELITIAN

A. PID Controller

Kontrol PID adalah sistem kontrol gabungan antara kontrol proporsional, integral, dan turunan (derivative). Pada metode ini, penalaan dilakukan dalam kalang tertutup dimana masukan referensi yang digunakan adalah fungsi tangga (step). Pengendali pada metode ini hanya pengendali proporsional. K_p , dinaikkan dari 0 hingga nilai kritis K_p , sehingga diperoleh keluaran yang terus-menerus berosilasi dengan amplitudo yang sama [19][8]. Nilai kritis K_p ini disebut sebagai *ultimated gain*. Nilai *ultimated period*, T_u , diperoleh setelah keluaran sistem mencapai kondisi yang terus menerus berosilasi [17][20][21][22].

B. Imperialis Competitive Algoriyhm (ICA)

Langkah-langkah utama pada ICA dapat dirangkum dalam pseudo-code berikut; Pilih titik random pada fungsi dan inialisasi empire. Gerakkan koloni menuju imperialis yang relevan. Jika ada sebuah koloni yang memiliki cost lebih baik dari pada imperialis, ubahlah posisi dari koloni tersebut dengan imperialis. Gabungkan empire yang sama. Hitung total cost dari semua empire. Ambil koloni terlemah dari empire terlemah dan berikan kepada salah satu empire. Hilangkan empire yang paling lemah. Jika kondisi berhenti dipenuhi, berhenti, jika tidak, ke langkah 2. Dan juga bisa dengan cara yang lain, yaitu ketika hanya satu empire yang tersisa maka ICA akan berhenti [1,5]. Seperti flowchart pada gambar 5 [23].



Gambar 2. Flowchart Algoritma ICA
Parameter ICA bisa dilihat pada table 1.

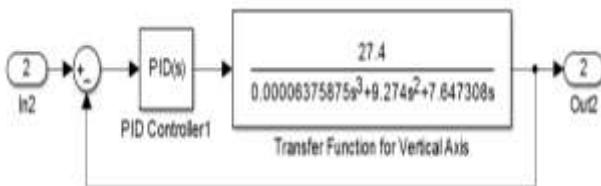
Tabel 1. Parameter ICA

Parameter ICA	Nilai
Negara	80
Penjajah Awal	8
Dekade	100
Tingkat Revolusi	0.3
Koefisien Asimilasi	2
Koefisien Sudut Asimilasi	0.5
Zeta	0.02
Damp Ratio	0.99
Uniting Threshold	0.02

Fungsi objektif yang digunakan adalah dengan Integral Time Absolut Error (ITAE). Parameter PID yang ditala oleh ICA adalah Kp, Ki dan Kd.

C. Desain Optimasi PV

Dari transfer function dari persamaan dan parameter PV dapat dilihat pada gambar 3:



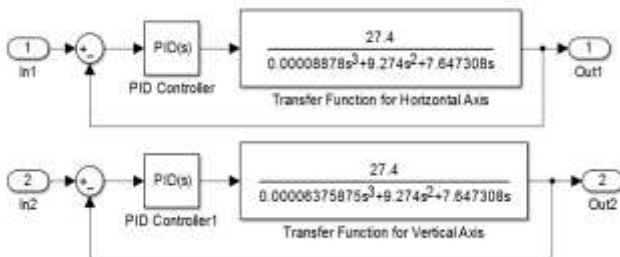
Gambar 1. Simulasi Single axis

IV. HASIL ANALISA DAN PEMBAHASAN

Desain tanpa kontrol, PID kontrol, PID-Auto, dan PDI-BA dapat dilihat pada gambar 4.

A. Desain Controller Photovoltaic

Setelah data motor DC dan Photovoltaic dijadikan Transfer function maka selanjutnya bisa dijadikan Plant untuk di control dengan menggunakan Uncontroller, PID standar, PID – Auto dan PID – ICA. Terlihat pada gambar 4 bentuk dari transfer function dari Horizontal Axis dan Vertical Axis.

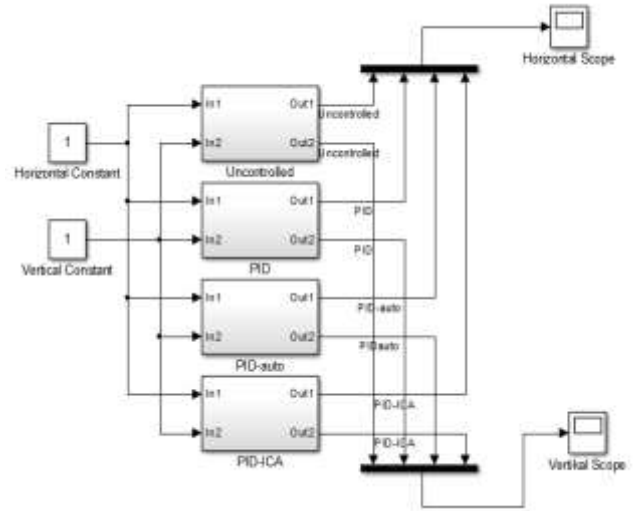


Gambar 4 Transfer Function Tracker Photovoltaic

B. Desain Optimasi Dual Axis Tracker Photovoltaic

Desain optimasi dual axis pada Photovoltaic menggunakan software matlab / Simulink seperti gambar 4.2 dibawah ini, terdiri dari Uncontrol, PID, PID – Auto dan

PID – ICA. Kemudian untuk dibandingkan hasilnya antara Uncontrol, PID, PID – Auto dan PID – ICA mana yang terbaik.



Gambar 5 Desain optimasi control PID

Penalaan Control Uncontroller, PID standar, PID Auto dan PID – ICA

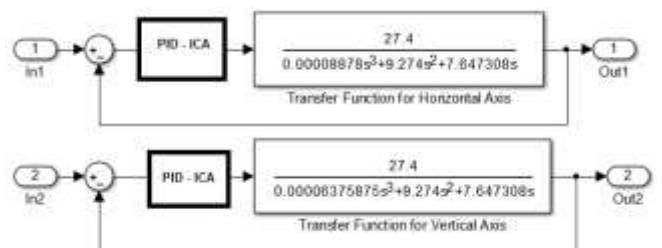
Dari tuning tersebut didapatkan nilai konstanta PID – Auto terlihat pada table 1.

Tabel 1 Konstanta PID - Auto pada horizontal axis dan vertical axis

	Sudut Horizontal			Sudut Vertikal		
	Kp	Ki	Kd	Kp	Ki	Kd
PID – ICA	101.076	0.608	92.423	124.423	0.373	83.798

C. Control PID – ICA

Control terakhir yang digunakan pada penelitian ini menggunakan PID – ICA dimana dalam pencarian konstanta Kp, Ki dan Kd menggunakan ICA. Gambar 6 menunjukkan contoh desain control menggunakan PID – ICA.



Gambar 6 Desain control PID – ICA

Dengan menggunakan ICA sebagai tuning PID maka untuk mencari nilai konstanta tidaklah sulit, tinggal memasukan program pseudocode ICA maka kita sudah bisa

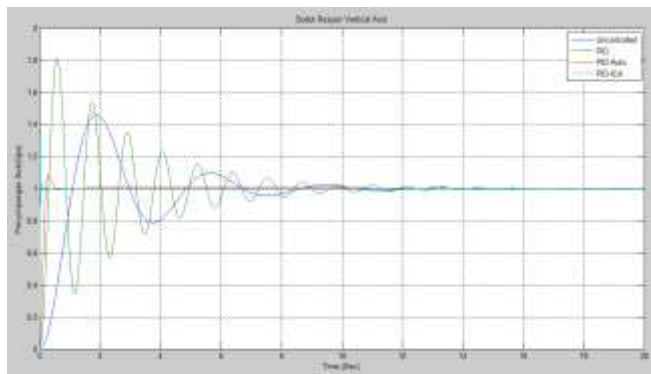
mendapatkan nilai konstanta Kp, Ki dan Kd. Pada table 2 merupakan nilai dari konstanta PID (Kp, Ki dan Kd).

Tabel 2 Konstanta PID - ICA pada horizontal axis dan vertical axis

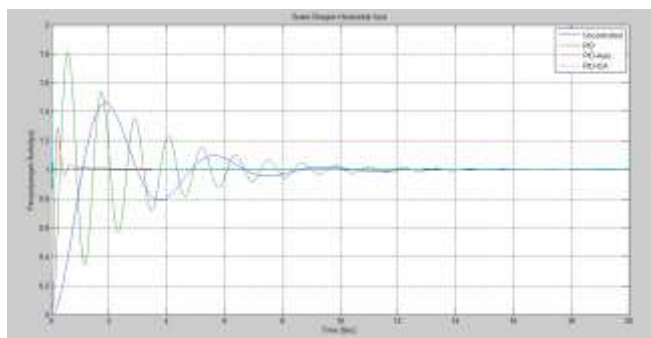
	Sudut Horizontal				Sudut Vertical			
	Uncontroller	PID	PID-Au	PID-ICA	Uncontroller	PID	PID-Auto	PID-ICA
Settling time	16.15	18,79	13,95	0.0906	15.45	18.61	14.53	0.094
Rise time	1.0865	0.3018	0.1406	0.0118	1.0865	0.3015	0.2168	0.0125

Hasil Running

Setelah semua nilai konstanta Kp, Ki dan Kd diketahui maka sistem selanjutnya dijalankan dengan menggunakan software matlab 2013a. hasil dari running tersebut terlihat pada gambar 4.7 dan 4.8 dibawah ini.



Gambar 7 Hasil running sudut Vertical Axis



Gambar 8 Hasil running sudut horizontal Axis

Dari Gambar 7 dan Gambar 8 dapat dijelaskan bahwa pada saat penggunaan controller PID – ICA mendapatkan overshoot = 1.371 (pu) , PID – Auto = 1.2897, PID standar = 18.14 (pu) dan Uncontroller = 1.4602 (pu), untuk undershootnya PID-ICA = 0.8616 (pu), PID- Auto = 0.9607 (pu) lalu PID standart = 0.3522 dan Uncontroller = 0.7883 (pu) untuk sudut horizontal axisnya. Kemudian untuk sudut vertical axisnya didapatkan hasil overshoot pada

penggunaan PID-ICA sebesar 1.3582 (pu), PID – Auto 1.0874 (pu) lalu PID standar 1.8149 (pu), dan Uncontroller 1.4601 (pu). Kemudian untuk hasil undershoot pada penggunaan PID – ICA sebesar 0.8762 (pu), PID – Auto 0.9925 (pu), lalu PID standart 0.3435 (pu) dan Uncontroller sebesar 0.7883 (pu).

V. KESIMPULAN

Setelah system dijalankan maka keluaran dari desain optimasi dual axis tracker photovoltaic bisa disimpulkan bahwa penggunaan PID - ICA mendapatkan respon yang lebih baik dalam mencapai keadaan stady state dari pada Uncontroller, PID standart maupun PID - Auto. Dengan nilai rise time untuk PID - ICA sebesar 0.0118 (s), untuk PID – Auto Sebesar 0.1406 (s), lalu PID standar 0.3018 (s), dan Uncontroller 1.0865 (s), untuk keluaran respon pada Horizontal Axis. Kemudian PID – ICA sebesar 0.0125 (s), PID – Auto sebesar 0.2168 (s), lalu PID standar 0.3015 (s) dan Uncontroller 1.0865 (s). Kemudian untuk nilai settling time pada Horizontal Axis PID - ICA 0.0906 (s), lalu PID – Auto sebesar 13,95 (s), kemudian Uncontroller 16.15 (s) untuk horizontal axis. Kemudian pada vertical axis didapatkan nilai settling time PID-ICA 0.094 (s), lalu PID-Auto 14.53 (s), lalu Uncontroller sebesar 15.45 (s), dan PID standar 18.16 (s).

Dari hasil simulasi ini, maka control PID yang dituning menggunakan ICA berhasil untuk diterapkan pada tracker dual axis photovoltaic karena mendapatkan respon yang lebih baik dari pada control yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Engineering, “Design of a Charge Controller Circuit with Maximum Power Point Tracker (MPPT) for Photovoltaic System,” *Des. Charg. Controll. cicuit with maximum power point tracking(MPPT)*, pp. 23–24, 2012.
- [2] S. Ray and A. K. Tripathi, “Design and development of Tilted Single Axis and Azimuth-Altitude Dual Axis Solar Tracking systems,” in *1st IEEE International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems, ICPEICES 2016*, 2017.
- [3] M. Ali, M. R. Djalal, M. Fakhurozi, Kadaryono, Budiman, and D. Ajiatmo, “Optimal Design Capacitive Energy Storage (CES) for Load Frequency Control in Micro Hydro Power Plant Using Flower Pollination Algorithm,” in *2018 Electrical Power, Electronics, Communications, Controls and Informatics Seminar (EECCIS)*, 2018, pp. 21–26.
- [4] M. Arrohan, R. Fajardika, M. Muhlasin, and M. Ali, “Optimasi Frekuensi Kontrol pada Sistem Hybrid Wind-Diesel Menggunakan PID Kontroler

- Berbasis ACO dan MFA,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 9, no. 1, pp. 65–68, May 2018.
- [5] M. Ali and M. Muhlasin, “Auto-Tuning Method for Designing Matlab DC Motor Speed Control With PID (Proportional Integral Derivative),” *ADRI Int. J. Sci. Eng. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 5–8, 2017.
- [6] D. H. Kusuma, M. Ali, and N. Sutantra, “The comparison of optimization for active steering control on vehicle using PID controller based on artificial intelligence techniques,” in *2016 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (ISemantic)*, 2016, pp. 18–22.
- [7] M. Ali and I. Robandi, “Desain Pitch Angle Controller Turbin Angin Dengan Permanent Magnetic Synchronous Generator (PMSG) Menggunakan Imperialist Competitive Algorithm (ICA),” *Pros. SENTIA 2015 – Politek. Negeri Malang*, vol. 7, no. 1, pp. 2085–2347, 2015.
- [8] M. N. Masrukhan, M. P. Mulyo, D. Ajiatmo, and M. Ali, “Optimasi Kecepatan Motor DC Menggunakan Pid Dengan Tuning Ant Colony Optimization (ACO) Controller,” in *SENTIA-2016, Polinema, Malang*, 2016, pp. B49–B52.
- [9] M. Ali, I. Umami, and H. Sopian, “Optimisasi Steering Control Mobil Listrik Auto-Pilot Menggunakan Metode Ant Colony Optimization (ACO),” *J. Intake*, vol. 6, no. 1, pp. 34–50, 2015.
- [10] M. Dorigo, M. Birattari, and T. Stutzle, “Ant colony optimization,” *IEEE Comput. Intell. Mag.*, vol. 1, no. 4, pp. 28–39, 2006.
- [11] M. Ali and A. Suhadak, “Optimisasi Steering Control Mobil Listrik Auto-Pilot Menggunakan Metode Firefly Algorithm (FA),” in *Semnasinotek 2017, UN PGRI, Kediri*, 2017, pp. 61–68.
- [12] H. Nurohmah, A. Raikhani, and M. Ali, “Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Radial Menggunakan Modified Firefly Algorithms (MFA) Pada Penyulang Tanjung Rayon Jombang,” *JEEE-U (Journal Electr. Electron. Eng.)*, vol. 1, no. 2, p. 13, Nov. 2017.
- [13] Budiman, M. Ali, and M. R. Djalal, “Kontrol Motor Sinkron Permanen Magnet Menggunakan Algoritma Firefly,” in *SEMANTIKOM 2017, Universitas Madura*, 2017, pp. 9–16.
- [14] Y. G. Hartlambang, H. Nurohmah, and M. Ali, “Optimasi Kecepatan Motor DC Menggunakan Algoritma Kelelawar (Bat Algorithm),” in *SEMANTIKOM 2017, Universitas Madura*, 2017, pp. 1–8.
- [15] M. M. Sabir and T. Ali, “Optimal PID controller design through swarm intelligence algorithms for sun tracking system,” *Appl. Math. Comput.*, vol. 274, pp. 690–699, 2016.
- [16] A. Adhim and A. Musyafa, “Optimization of PID Controller Based on PSO for Photovoltaic Dual Axis Solar Tracking in Gresik Location – East Java,” *Int. J. Eng. Technol. IJET-IJENS*, vol. 16, no. 1, pp. 65–72, 2016.
- [17] M. Ali, “Kontrol Kecepatan Motor DC Menggunakan PID Kontroler Yang Dituning Dengan Firefly Algorithm,” *J. Intake*, vol. 3, no. 2, pp. 1–10, 2012.
- [18] M. Ali, I. Umami, and H. Sopian, “Particle Swarm Optimization (PSO) Sebagai Tuning PID Kontroler Untuk Kecepatan Motor DC,” *J. Intake*, vol. 7, no. 1, pp. 10–20, 2016.
- [19] M. Ali, A. Raikhani, B. Budiman, and H. Sopian, “Algoritma Persaingan Imperialis Sebagai Optimasi Kontroler PID dan ANFIS Pada Mesin Sinkron Magnet Permanen (Imperialist Competitive Algorithm As PID Optimization and ANFIS Controller at Permanent Magnet Synchronous Machine),” *JEEE-U (Journal Electr. Electron. Eng.)*, vol. 3, no. 1, p. 57, Apr. 2019.
- [20] G. Y. Hartlambang, M. Ali, and A. Raikhani, “Unjuk Kerja Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence) Dalam Mengoptimalkan Kecepatan Motor Dc Dengan Menggunakan Metode Imperialist Competitive Algoritma (ICA),” *J. Intake*, vol. 6, no. 1, pp. 51–67, 2015.
- [21] A. Raikhani, M. Ali, D. Ajiatmo, and Budiman, “Desain Optimal Automatic Voltage Regulator Pada Pembangkit Listrik Mikro Hidro Menggunakan Fuzzy Logic Controller,” *J. Intake*, vol. 7, no. 1, pp. 30–39, 2016.
- [22] M. R. Djalal and M. Ali, “Particle Swarm Optimization Untuk Mengontrol Frekuensi Pada Hibrid Wind-Diesel,” *J. Intake*, vol. 7, no. 2, pp. 1–13, 2016.
- [23] E. Atashpaz-Gargari and C. Lucas, “Imperialist competitive algorithm: An algorithm for optimization inspired by imperialistic competition,” in *2007 IEEE Congress on Evolutionary Computation, CEC 2007*, 2007, pp. 4661–4667.