

Optimasi Single Axis Tracking Untuk Solar Cell Berbasis Bat Algorithm

¹Tubagus Fahmi, ²Delief Wida Khaidir, ³Machrus Ali, ⁴Rukhslin

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Elektro, Universitas Darul Ulum, Jombang

¹tubagusfahmi910@gmail.com, ²deliefwidak@gmail.com ³machrus7@gmail.com, ⁴Rukhslin@gmail.com

Abstract – 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. Tujuan dari sistem tracking matahari ini adalah untuk menempatkan penampang agar selalu dalam posisi menghadap ke arah sinar matahari. Sistem Single Axis pada tracking matahari dimaksudkan untuk mengikuti ketinggian matahari atau sudut azimuth matahari yang di ukur dari timur ke barat. Dibutuhkan optimasi kontrol agar posisi tepat sesuai yang diinginkan. Untuk optimasi sering digunakan kecerdasan buatan agar diperoleh optimasi terbaik secara otomatis. Diantara kecerdasan buatan itu adalah Bat Algorithm (BA). Penelitian ini membandingkan beberapa metode, yaitu tanpa control, Kontrol PID, PID-Auto, dan PID-BA. Dari hasil simulasi didapatkan penyimpangan sudut elevasi terkecil pada kontroler PID-BA. Sehingga dapat disimpulkan bahwa PID-BA merupakan kontroler terbaik pada penelitian ini. Penelitian ini nanti bisa dipakai sebagai acuan dan digunakan kontroler lain agar diperoleh kontroler yang optimal.

Kata Kunci – Bat Algorithm, Firefly Algorithm, Solar Tracker, Photovoltaic, PID Controller

Abstract - One effort to improve the efficiency of solar panels is by adding a solar tracking control system. The sun tracking control system is a control system that always follows the position of the sun. The purpose of this solar tracking system is to place a cross section so that it is always in a position facing the sun. The single rotary axis at tracking the sun is intended to follow the sun's height or the azimuth angle measured from east to west. Optimization of controls is needed so that the exact position is as desired. For optimization often used artificial intelligence to get the best optimization automatically. Among the artificial intelligence is Bat Algorithm (BA). This study compares several methods, namely without control, PID Control, PID-Auto, and PID-BA. From the simulation results obtained the smallest horizontal angle deviation on the PID-BA controller. So it can be concluded that PID-BA is the best controller in this study. This research can later be used as a reference and other controllers are used to obtaining optimal controllers

Keywords – Bat Algorithm, Solar Tracker, Photovoltaic, PID Controller

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 Intelligence (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 $J = 3.2284 \times 10^{-6} \text{ kg.m}^2$, $b = 3.5077 \times 10^{-6} \text{ Nms}$, $k_b = 0.0274 \text{ Vsec/rad}$, $k_t = 0.0274 \text{ Nm /Amp}$, $R = 4 \text{ } \Omega$, 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, $J_1 = 0.0022642 \text{ kg.m}^2$, $J_{T1} = 0.0023185 \text{ kg.m}^2$, $J_2 = 0.0222231 \text{ kg.m}^2$, $J_{T2} = 0.0222774 \text{ kg.m}^2$.

B. Transfer Function DC Motor

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

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

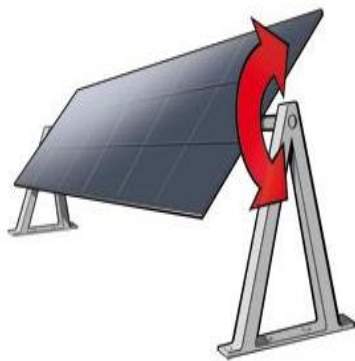
Transfer Function DC Motor tanpa beban:

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

$$\frac{\theta(s)}{V(s)} = \frac{0.0274}{8.878x10^{-12}s^3+1.291s^2+0.0007647308s} \dots\dots\dots (3)$$

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 vertical 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.

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

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

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

Momen inersia vertical rotating-axisPV rolar tracker

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

$$J_{T2} = 2.71684x10^{-5} + J_2 \quad [kg.m^2] \dots\dots\dots (7)$$

Fungsi transfer penjejak matahari sumbu putar vertical:

$$\frac{\theta(s)}{V(s)} = \frac{K}{s((JT2s+b)(Ls+R)+K^2)} \dots\dots\dots (8)$$

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. Kp, dinaikkan dari 0 hingga nilai kritis Kp, sehingga diperoleh keluaran yang terus-menerus berosilasi dengan amplitudo yang sama[19][8]. Nilai kritis Kp ini disebut sebagai *ultimated gain*. Nilai *ultimated period*, Tu, diperoleh setelah keluaran sistem mencapai kondisi yang terus menerus berosilasi[17][20][21][22].

B. Bat Algorithm (BA)

Berdasarkan persamaan konsep ekolokasi dari kelelawar pada pembahasan sebelumnya maka berikut ini akan di berkikan suatu pseudocode dari algoritma kelelawar yang dikembangkan oleh Yang[23] :

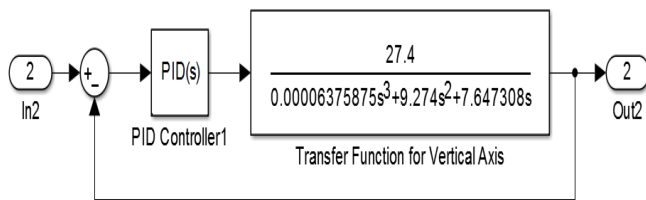
```

Fungsi objektif f(x), x = (x1, ..., xd)T
Inisiasi populasi kelelawar xi, (i = 1,2, ..., n) dan vi
Definisikan frekuensi fi pada xi
Inisiasi laju emisi gelombang ri dan tingkat kekerasan Ai
while (t < iterasi maksimum)
    Bangkitkan solusi baru dengan mengatur frekuensi
    Perbaharui kecepatan dan lokas
        if (rand > ri)
            pilih solusi diantara solusi terbaik
            bangkitkan solusi lokal diantara solusi terbaik
        end
        if (rand < Ai & f(xi) < f(x*))
            terima solusi yang baru
            perbaharui ri dan Ai
        end
    Urutkan setiap kelelawar dan pilih x* yang baru
End
    
```

Gambar 2. Pseudocode Bat Algorithm

C. Desain Optimasi PV

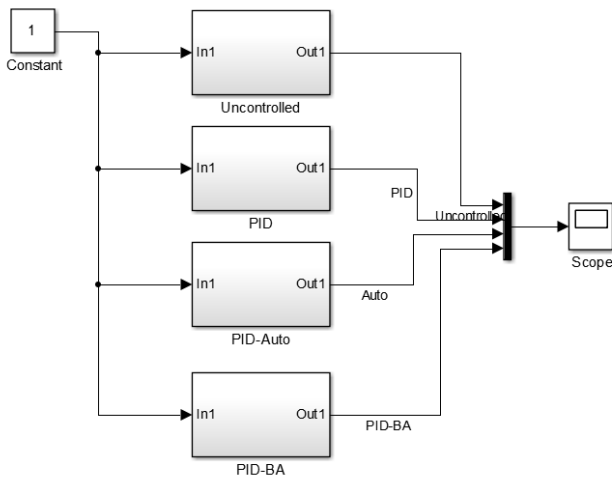
Dari transfer function dari persamaan dan parameter PV dapat dilihat pada gambar 3:



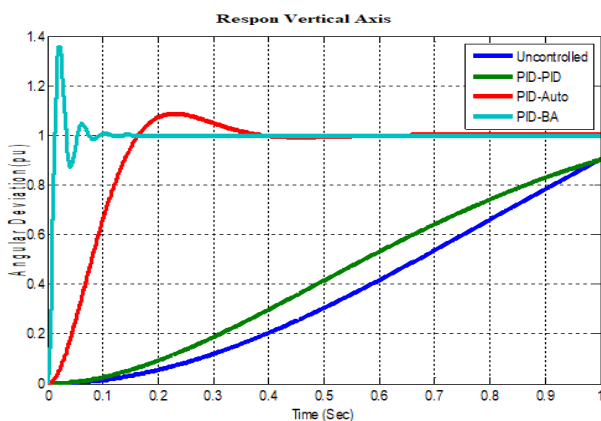
Gambar 3. Simulasi Single axis

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Desain tanpa kontrol, PID kontrol, PID-Auto, dan PID-BA dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 4. Desain kontrol single axis pada PV



Gambar 5. Sudut Respon single Axis

Dari gambar 5 didapatkan penyimpangan sudut secara Vertical tanpa kontrol sebesar 46.021, PID sebesar 90.356, PID-Auto sebesar 4.763, dan PID-BA sebesar 19.734. Dengan tanpa kontrol sebesar 13.023, PID sebesar 9.033, PID-Auto sebesar 0.487, dan PID-BA sebesar 0.073.

Konstanta hasil simulasi didapatkan konstanta k_p , k_i , dan k_d seperti pada tabel 1 pada pada vertical axis.

Tabel 1. Konstanta PID pada vertical axis

	Unc	PID	PID-Au	PID-BA
K_{pv}	-	1	4.053	56.321
K_{iv}	-	1	0.060	0.753
K_{dv}	-	0	2.385	81.227
Overshoot	46.021	90.356	4.763	19.734
Undershoot	21.181	82.743	0.471	1.193
Settling time	13.023	9.033	0.487	0.073

Dari table di atas menunjukkan bahwa overshoot terkecil terjadi pada PID-Auto, sebesar 4.763 pu pada single axis. Undershoot terkecil pada PID-Auto, yaitu 0.471 pada single axis. Settlingtime tercepat terjadi pada PID-BA, sebesar 0.083 detik pada pada single axis.

V. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi didapatkan penyimpangan sudut secara single terkecil pada kontroler PID-BA sebesar -0.07^0 . Sehingga dapat disimpulkan bahwa PID-BA merupakan kontroler terbaik pada penelitian ini. Penelitian ini nanti bisa dipakai sebagai acuan dan digunakan kontroler lain agar diperoleh kontroler yang optimal.

VI. 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. Fakhrurozi, 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. Arrohman, 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 Alghorithm (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] X.-S. Yang, “Bat Algorithms,” in *Nature-Inspired Optimization Algorithms*, Elsevier, 2014, pp. 141–154.