

Ant Colony Optimazation sebagai Tuning PID pada Single Axis Tracking Photovoltaic

¹Wahyu Cahyono, ²Mahrus Ali, ³Hidayatul Nurohmah, ⁴Budiman

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

¹bahakudin@gmail.com, ²machrus7@gmail.com, ³hidayatul.nurohmah.mt@gmail.com, ⁴budimanjombang1@gmail.com

Abstract – *Ant Colony Optimization (ACO)* adalah Kecerdasan Buatan sering digunakan agar diperoleh optimasi suatu sistem. *Ant Colony Optimization*, berasal dari kata *ant*: semut, *colony*: kumpulan atau koloni, *optimization*: optimasi semut merupakan tergolong salah satu hewan yang pintar, mereka mampu mencapai makannanya dengan jalur yang terpendek dan tercepat. Perilaku semut adalah inspirasi untuk Algoritma *Ant Colony Optimization* ini. Salah satu penggunaan metode ini adalah untuk meningkatkan efisiensi kontrol pergerakan panel surya yaitu dengan menambahkan sistem kendali single axis 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 posisi sinar matahari. Tracking matahari jenis azimuth-elevation terdiri dari sumbu putar horisontal dan sumbu putar vertikal. Sistem kontrol perlu sekali untuk dioptimasi agar posisi tepat sesuai yang diinginkan. Penelitian ini nanti bisa dipakai sebagai acuan dan digunakan kontroler lain atau metode kecerdasan buatan lainnya agar diperoleh kontroler yang optimal.

Kata Kunci – *Ant Colony Optimization, Solar Tracker, Photovoltaic, PID Controller*

Abstract - *Ant Colony Optimization (ACO)* is Artificial Intelligence often used to obtain system optimization. *Ant Colony Optimization*, derived from the word *ant*: ant, *colony*: compulsion or colony, *optimization*: optimization of ants is classified as one of the smart animals, they are able to achieve their food with the shortest and fastest paths. Ant behavior is the inspiration for this *Ant Colony Optimization Algorithm*. One of the uses of this method is to improve the efficiency of solar panel movement control by adding a single axis tracking solar 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 the cross-section so that it is always in a position facing the position of sunlight. Solar tracking azimuth-elevation type consists of a horizontal rotating axis and a vertical rotary axis. The control system is very necessary to be optimized so that the exact position is desired. This research can later be used as a reference and another controller or other artificial intelligence method is used to obtain an optimal controller.

Keywords – *Ant Colony Optimization, Solar Tracker, Photovoltaic, PID Controller*

I. PENDAHULUAN

ACO merupakan algoritma yang meniru perilaku semut mayat dan menyortir larva semut. Prinsip semut dalam mengumpulkan dan memilah larva semut ini dipakai acuan dalam algoritma ini[1]. Algoritma ACO menyediakan partisi yang relevan dari data tanpa pengetahuan pusat klaster awal. Terdapat semut agen yang melakukan perpindahan secara acak pada grid dua dimensi dimana dalam grid tersebut terdapat objek yg tersebar secara acak, dan ukuran grid tergantung pada jumlah objek. Agen semut yang dipilih atau diizinkan untuk bergerak dalam grid, akan mengambil objek dan juga menjatuhkan objek yang dipengaruhi oleh kesamaan dan kepadatan objek[2][3].

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[4]. 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[5], sebagai kontrol kecepatan motor DC[6], control steer kendaraan[7], sebagai kontrol sudu turbin angin [8]. Diantaranya juga menggunakan metode Ant Colony Optimization (ACO)[9][10], Firefly Algorithm (FA)[11], Bat Algorithm (BA)[12]. Sebelumnya telah diteliti dengan menggunakan Particle Swarm Optimization PSO[13]. Maka pada penelitian ini digunakan kecerdasan buatan ACO sebagai tuning PID Controller.

II. PHOTOVOLTAIC

A. Parameters

Fotovoltaik sebagai beban sistem pelacakan matahari yang diproduksi khusus untuk wilayah Indonesia. Parameter DC motor didapatkan $J = 3.2284 \times 10^{-6}$ kg.m², $b = 3.5077 \times 10^{-6}$

Nms, kb = 0.0274 Vsec/rad, kt = 0.0274 Nm /Amp, R = 4 Ω, dan L = 2.75x10⁻⁶ H[14]. 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 kg.m², JT1 = 0.0023185 kg.m², J2 = 0.0222231 kg.m², JT2 = 0.0222774 kg.m².

B. Transfer Function DC Motor

Dengan menggunakan Transformasi Laplace didapatkan persamaan[15][16]:

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

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

Sumbu putar horisontal pada *tracking* matahari dimaksudkan untuk mengikuti ketinggian matahari atau sudut *elevasi* atau *altitude* (α) matahari yang di ukur dari utara ke selatan. Sedangkan sumbu putar vertikal pada *tracking* matahari dimaksudkan untuk mengikutti sudut *azimuth* (γ) matahari yang di ukur dari timur ke barat. *Photovoltaic Horisontal Axis Tracking* ditunjukkan dalam Gambar 1 berikut



Gambar 1. *Tracking* Matahari satu Sumbu.

Berdasarkan Gambar 1 diatas, sumbu referensi *tracking* matahari R adalah arah utara 0°. Posisi matahari dapat direpresentasikan dalam sudut *elevasi* (α). Sudut *azimuth* adalah arah kompas sinar matahari yang diukur dari arah utara (0°) berputar searah jarum jam. 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.

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

Sudut *elevasi* (sudut ketinggian) adalah ketinggian sudut matahari di langit diukur dari horisontal. Saat matahari terbit sudut *elevasi* adalah 0° dan 90 ° ketika matahari tepat di atas kepala, sudut *elevasi* bervariasi sepanjang hari, tergantung pada garis lintang dari lokasi tertentu dan hari dalam setahun. Ketinggian α dapat ditemukan dengan menggunakan rumus.

$$\alpha = \arcsin (\sin \delta \sin \varphi - \cos \delta \cos \varphi \cos (HRA)) \dots\dots\dots (5)$$

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 horisontal, penjejak matahari sumbu vertical.

D. Transfer Function single 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

$$J_1 = \frac{1}{2} m_{pv} (L^2 + W^2) \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 [kg.m^2] \dots\dots\dots (6)$$

Momen inersia vertical rotating-axis PV rolar tracker

$$J_{T2} = J_{st} + J_2 [kg.m^2] \dots\dots\dots (7)$$

$$J_{T2} = 2.71684x10^{-5} + J_2 [kg.m^2] \dots\dots\dots (8)$$

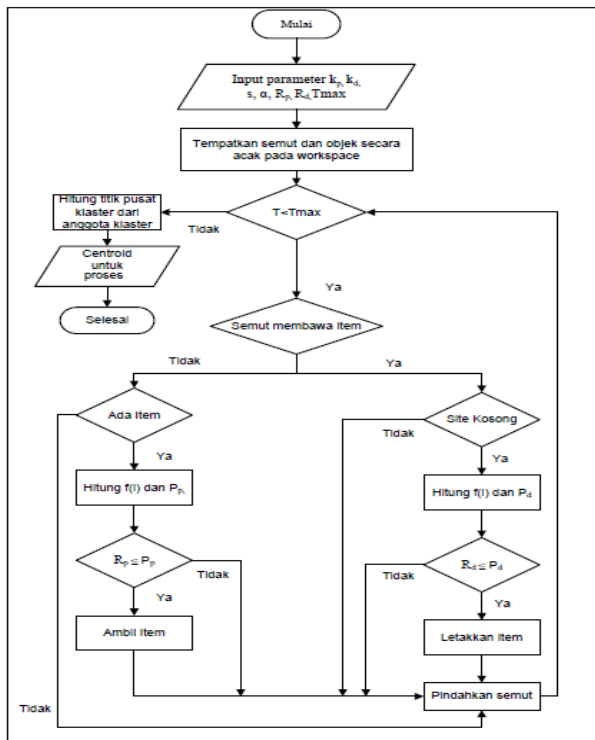
Fungsi transfer penjejak matahari sumbu putar vertical:

$$\frac{\theta(s)}{V(s)} = \frac{K}{s((JT_2s+b)(Ls+R)+K^2)} \dots\dots\dots (9)$$

III. METODE PENELITIAN

A. Ant Colony Optimization (ACO)

Algoritma ACO diperkenalkan oleh Lumer dan Faieta. Algoritma merupakan algoritma yang meniru perilaku semut mayat dan menyortir larva semut. Prinsip semut dalam mengumpulkan dan memilah larva semut ini dipakai acuan dalam algoritma ini. Algoritma ACO menyediakan partisi yang relevan dari data tanpa pengetahuan pusat kluster awal[17][18]. Terdapat semut agen yang melakukan perpindahan secara acak pada grid dua dimensi dimana dalam grid tersebut terdapat objek yg tersebar secara acak, dan ukuran grid tergantung pada jumlah objek. Agen semut yang dipilih atau diizinkan untuk bergerak dalam grid, akan mengambil objek dan juga menjatuhkan objek yang dipengaruhi oleh kesamaan dan kepadatan objek. Algoritma ACO dapat dilihat pada gambar 3.



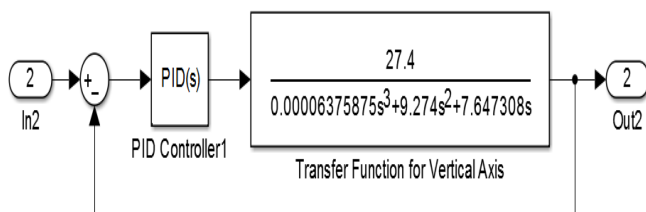
Gambar 2. Flow chart algoritma ACO

B. 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. Nilai kritis K_p ini disebut sebagai ultimate gain. Nilai ultimate period, T_u , diperoleh setelah keluaran sistem mencapai kondisi yang terus menerus berosilasi[15].

C. Desain Optimasi PV

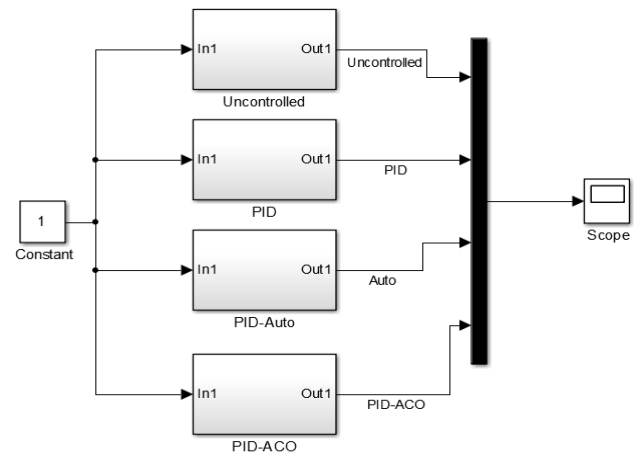
Dari transfer function dari persamaan dan parameter PV dapat dilihat pada gambar 4:



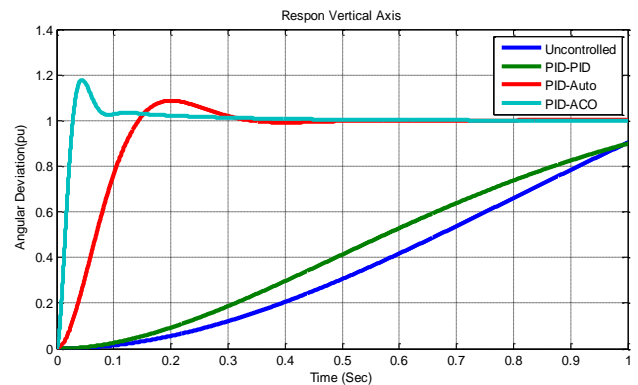
Gambar 3. Simulasi single axis

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

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



Gambar 4. Desain kontrol single axis pada PV



Gambar 5. Sudut Respon Single Axis

Dari gambar 7 didapatkan penyimpangan sudut secara Vertical tanpa kontrol sebesar 46.021, PID sebesar 90.356, PID-Auto sebesar 4.763, dan PID-ACO sebesar 19.734. Dengan settling time tanpa kontrol sebesar 13.023, PID sebesar 9.033, PID-Auto sebesar 0.487, dan PID-ACO sebesar 0.073.

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

Tabel 2. Konstanta PID pada vertical axis

	Unc	PID	PID-Au	PID-ACO
K_{pv}	-	1	4.053	134.053
K_{iv}	-	1	0.060	0.060
K_{dv}	-	0	2.385	43.385
Overshoot	46.021	90.356	4.763	21.427
Undershoot	21.181	82.743	0.471	2.439
Settling time	13.023	9.033	0.487	0.103

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

V. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi didapatkan penyimpangan sudut secara vertical terkecil pada kontroler PID-ACO sebesar -0.07^0 dan penyimpangan secara horizontal terkecil pada kontroler PID-ACO sebesar 0.08^0 . Sehingga dapat disimpulkan bahwa PID-ACO 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] M. Dorigo, M. Birattari, and T. Stutzle, "Ant colony optimization," *IEEE Comput. Intell. Mag.*, vol. 1, no. 4, pp. 28–39, 2006.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [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] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] M. Ali, "Kontrol Kecepatan Motor DC Menggunakan PID Kontroler Yang Dituning Dengan Firefly Algorithm," *J. Intake*, vol. 3, no. 2, pp. 1–10, 2012.
- [16] 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.
- [17] M. Dorigo and K. Socha, "Ant colony optimization," in *Handbook of Approximation Algorithms and Metaheuristics*, 2007, pp. 26-1-26–14.
- [18] R. Fajardika, M. Ali, M. Muhlasin, and M. Arrohman, "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, 2018.