

# Penggunaan ACO dan FA Dalam Mengoptimasikan PID Controller Untuk Partial Shading pada Photovoltaic

<sup>1</sup> Hendro Dripoyono, <sup>2</sup> Septa Dwi Candra, <sup>3</sup> Dwi Ajiatmo, <sup>4</sup> Budiman, <sup>5</sup> Machrus Ali

<sup>1,2,3,5</sup> Jurusan Teknik Elektro, Universitas Darul Ulum, Jombang

<sup>4</sup> Jurusan Teknik Informatika, Universitas Darul Ulum, Jombang

<sup>1</sup> hendro0591@gmail.com, <sup>2</sup> septadc@gmail.com, <sup>3</sup> ajiatmo@gmail.com, <sup>4</sup> budimanjombang1@gmail.com <sup>5</sup> machrus7@gmail.com

**Abstrak** — Partial shading terjadi ketika modul PV menerima radiasi matahari yang berbedabeda akibat perubahan cuaca lokal atau keadaan lingkungan sekitar sehingga PV tertutup oleh awan, bayangan bangunan atau pepohonan. Kondisi ini menyebabkan daya keluaran dari PV array menurun. Berdasarkan kurva PV, Partial shading menimbulkan efek langsung yang dihasilkan sehingga penurunan tegangan atau arus menyebabkan penurunan daya keluaran dari PV. Pada penelitian ini membandingkan metode tanpa kontrol, PID kontrol, PID konvensional Ziegler Nichols (ZN), PID dituning Firefly Algorithm (FA), dan PID dituning dengan Ant Colony Optimization (ACO). Dari hasil simulasi didapatkan bahwa tegangan terbaik diperoleh dari kontroler PID-FA yaitu sebesar 1.336pu, arus terbaik pada PID-FA arus maksimum sebesar 7.88 pu dengan arus sebesar 0.0668 pu, dan daya terbaik pada kontroler PID-FA daya maksimum sebesar 8.304 pu dan daya nominal 0.0894 pu. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kontroler terbaik pada PID-FA. Penelitian ini nanti bisa dipakai sebagai acuan dan digunakan kontroler lain agar diperoleh kontroler yang optimal.

**Kata Kunci**— ACO, FA, Optimasi, PID, Photovoltaic

**Abstract** - Partial shading occurs when a PV module receives different solar radiation due to local weather changes or environmental conditions so that PV is covered by clouds, shadows of buildings or trees. This condition causes the output power of the PV array to decrease. Based on the PV curve, Partial shading results in a direct effect generated so that a drop in voltage or current causes a decrease in power output from PV. In this study comparing uncontrolled methods, PID control, conventional PID Ziegler Nichols (ZN), PID overruns Firefly Algorithm (FA), and PID is tuned with Ant Colony Optimization (ACO). From the simulation results obtained that the best voltage obtained from PID-FA controller that is equal to 1.336pu, the best current at PID-FA maximum current of 7.88pu with the current of 0.0668pu, and the best power on PID-FA controller maximum power of 8.304pu and power par 0.0894pu. Thus it can be concluded that the best controller on PID-FA. This research can later be used as a reference and used other controllers to obtain optimal controller.

**Keywords**- ACO, FA, Optimization, PID, Photovoltaic

## I. PENDAHULUAN

Menipisnya energi konvensional dan peningkatan emisi polusi dan gas rumah kaca mengakibatkan kontribusi dari energi terbarukan akan terus meningkat. Sumber energi terbarukan yang paling banyak digunakan adalah energi surya. Oleh karena itu, sistem konversi energi surya (photovoltaic) menjadi energi listrik telah menjadi teknologi industri dengan pertumbuhan yang pesat di berbagai negara. Sistem PV memiliki banyak keuntungan karena biaya perawatannya yang rendah dan tidak mencemari lingkungan. Photovoltaic (PV) array yang menerima radiasi matahari menunjukkan karakteristik penyesuaian arus dan tegangan yang berubah-ubah. Hal ini disebut maximum power point (MPP), di mana PV dapat menghasilkan daya output maksimumnya. Pengoptimalan kinerja sistem PV digunakan Maximum power point tracking (MPPT). Sistem PV membutuhkan perangkat konversi tegangan berupa konverter atau inverter. Tujuan penggunaan dari MPPT adalah untuk mendeteksi dan mengatur daya maksimum yang dapat dihasilkan oleh sistem PV dalam kondisi perubahan suhu dan radiasi matahari.

Partial shading terjadi ketika modul PV menerima radiasi matahari yang berbedabeda akibat perubahan cuaca lokal atau keadaan lingkungan sekitar sehingga PV tertutup oleh awan, bayangan bangunan atau pepohonan. Kondisi ini menyebabkan daya keluaran dari PV array menurun. Berdasarkan kurva PV, Partial shading menimbulkan efek langsung yang dihasilkan sehingga penurunan tegangan atau arus menyebabkan penurunan daya keluaran dari PV. Algoritma pelacakan titik daya maksimum berfungsi untuk menjaga tegangan keluaran dari panel PV. Konverter dc-dc digunakan karena tegangan keluaran dari panel surya berupa

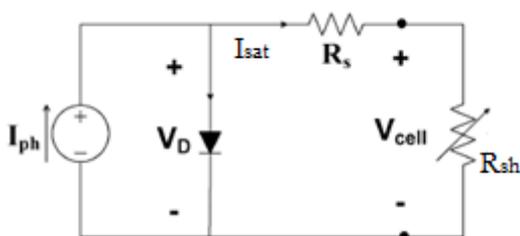
tegangan DC. Umumnya digunakan konverter boost sebagai perangkat pelacakan titik daya maksimum. Konverter boost ini hanya bekerja jika tagangan masukan lebih kecil dari tegangan luaran yang diinginkan. Jika tegangan dari panel surya lebih besar dari tegangan yang diinginkan maka konverter boost tidak akan bekerja akibatnya daya maksimum dari panel surya juga tidak tercapai. Pada penelitian sebelumnya telah disajikan metode MPPT seperti Fuzzy, Firefly, GA dan lain-lain.

Telah banyak metode algoritma Artificial Intelligent (AI) yang digunakan untuk penerapan pada MPPT. Teknik ini dipilih karena mampu memperoleh konvergensi lebih cepat dan proses komputasi yang sangat sederhana. ACO and FA merupakan algoritma yang mampu mengoptimasikan terbaik pada system MPPT photovoltaic. Pada makalah ini akan didesain MPPT pada sistem photovoltaic pada konsisi partial shading dengan menggunakan algoritma ACO dan FA.

## II. PHOTOVOLTAIC

### A. Pemodelan PV

Pada makalah ini, PV digunakan sebagai sumber utama dari sistem. PV dimodelkan sebagai sebuah rangkaian ekuivalen yang ditunjukkan pada Gambar 1. Rsh dan Rs adalah resistansi intrinsic yang tersusun secara paralel dan seri. Nilai Rsh adalah sangat besar sedangkan Rs sangat kecil. Hal ini mengakibatkan dua variabel tersebut dapat secara mudah diabaikan dalam proses analisis. Sel PV yang tersusun menjadi unit yang lebih besar disebut modul-modul PV. Kemudian, modul-modul PV dihubungkan secara seri dan paralel untuk membentuk PV arrays.



Gambar 1. Rangkaian Ekuivalen PV

Model matematis dari PV arrays dapat direpresentasikan dengan persamaan seperti berikut:

$$I_{PV} = n_p I_{ph} - n_p I_{sat} \left[ \exp \left( \frac{q}{KAT} \frac{V_{PV}}{n_s} \right) - 1 \right] \quad (1)$$

Dengan  $I_{PV}$  adalah arus output dari PV arrays (dalam Ampere),  $V_{PV}$  adalah tegangan output dari PV arrays,  $n_s$  adalah jumlah modul yang tersusun secara seri,  $n_p$  adalah jumlah modul yang tersusun secara paralel,  $q$  adalah muatan elektron,  $K$  adalah konstanta Boltzmann,  $A$  adalah faktor ideal dari p-n junction,  $T$  adalah suhu sel PV (dalam Kelvin), dan  $I_{sat}$  adalah arus saturasi negatif.

### B. Partial Shading Pada Sistem PV

Sebuah modul PV terdiri dari beberapa sel PV yang terhubung secara seri untuk menghasilkan tegangan yang lebih tinggi dan terhubung secara paralel untuk meningkatkan arus. Beberapa modul PV kemudian dihubungkan secara seri dan paralel untuk membentuk sebuah sistem PV. Berdasarkan kondisi partial shading, kurva daya (P) pada modul PV akan menampilkan beberapa Maximum Power Point (MPP) dikarenakan dioda bypass pada PV. Global Maximum Power Point (GMPP) dapat terjadi baik dalam rentang tegangan rendah atau tinggi tergantung pada jenis pola partial shading. Oleh karena itu, algoritma MPPT konvensional akan sulit diterapkan pada fenomena ini.

Tabel 1. Parameter Modul PV

Daya Maksimum ( $P_m$ )	130 Watt
Tegangan Open Circuit ( $V_o$ )	38.68 Volt
Tegangan Pada Saat Daya Maksimum ( $V_m$ )	34,67 Volt
Arus Short Circuit ( $I_s$ )	3.8 Ampere
Arus Pada Saat Daya Maksimum ( $I_m$ )	3.77 Ampere

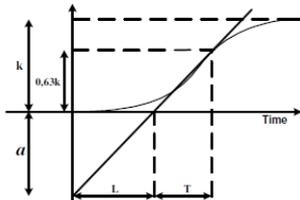
## III. METODE PENELITIAN

### A. PID Controller

Kontrol PID banyak digunakan pada industri khususnya aplikasi kontrol karena strukturnya simple, algoritma kontrol yang konperhensip, dan biayanya murah. PID merupakan controller untuk menentukan kepresisian suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik / feed back pada sistem tersebut. Komponen PID terdiri dari 3 jenis, yaitu Proportional, Integratif, dan Derivatif. Ketiganya dapat dipakai bersamaan maupun sendiri-sendiri, tergantung dari respon yang kita inginkan terhadap suatu plant. [7]

1. Metode Ziegler Nichols

Metode ke-1 didasarkan pada respon plant terhadap masukan kalang terbuka. Plant yang tidak mempunyai integrator, menghasilkan kurva tanggapan terhadap masukan tangga seperti kurva huruf S pada Gambar 2. Kurva tanggapan plant digunakan untuk mencari waktu tunda L dan konstanta waktu T.



Gambar 2. Kurva tanggapan berbentuk S.

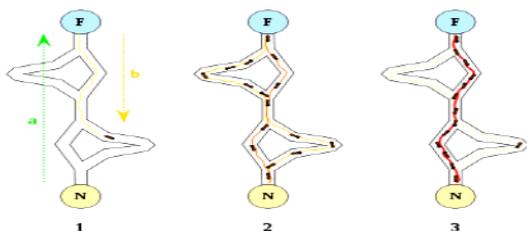
Parameter-parameter yang didapat dari kurva reaksi digunakan untuk menentukan parameter-parameter pengendali PID berdasarkan tetapan empiris Zielger-Nichols. Rumus-rumus untuk parameter pengendali menggunakan metode kurva reaksi ditabelkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Penalaan Ziegler-Nichols metode ke-1

Pengendali	Kp	Ti	Td
P	1/a	-	-
PI	0.9/a	3L	-
PID	1.2/a	2L	L/2

B. Ant Colony Optimization (ACO) [11]

Ant colony Optimization adalah salah satu kecerdasan buatan yang bisaya digunakan untuk oprtimasi system, diantaranya system kendaraan[10], wind diesel[18], Motor listrik dan system tenaga ataupun renewable energi lainnya. 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. Pada awalnya berjalan secara acak, setelah mendapatkan kembali makanan untuk koloni mereka juga meletakkan feromon atau jejak. Jika semut lain menemukan jalan semacam itu, mereka tidak akan bepergian secara acak, tapi semut tidak mengikuti jejak lagi, jika pada akhirnya mereka menemukan makanan baru. Ketika seekor semut menemukan jalur (pendek) dari koloni ke sumber makanan, semut lain akan lebih cenderung mengikuti jalan itu. Langkah - langkah Penyelesaian Komputasi Pada ACO terlihat pada gambar 3[18].



Gambar 3. Langkah-langkah komputasi ACO.

Kemampuan individual terbatas semut telah mampu menemukan jalan terpendek antara sumber makanan dan sarang. Semut pertama menemukan sumber makanan (F), melalui cara apapun (a), kemudian kembali ke sarang (N), meninggalkan jejak (b). Semut berikutnya mengikuti empat cara yang mungkin, tetapi iya memilih jalur sebagai rute terpendek. Semut mengambil rute terpendek, dan jejak route yang panjang akan hilang. Seekor semut k ketika melewati ruas akan meninggalkan pheromone. Jumlah pheromone yang terdapat pada ruas ij setelah dilewati semut k diberikan dengan rumus:

$$\tau_{i,j} \leftarrow \tau_{i,j} + \Delta\tau^k \tag{2}$$

Dengan meningkatnya nilai pheromone pada ruas i-j, maka kemungkinan ruas ini akan dipilih lagi pada iterasi berikutnya semakin besar. Setelah sejumlah simpul dilewati maka akan terjadi penguapan pheromone dengan aturan sebagai berikut:

$$\tau_{i,j} \leftarrow (1 - \rho) \tau_{i,j}, j : \forall (i,j) \in A \tag{3}$$

Penurunan jumlah pheromone memungkinkan semut untuk mengeksplorasi lintasan yang berbeda selama proses pencarian. Ini juga akan menghilangkan kemungkinan memilih lintasan yang kurang bagus. Selain itu, ini juga membantu membatasi nilai maksimum yang dicapai oleh suatu lintasan pheromone.[11]. Parameter ACO bisa dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Parameter ACO

Parameter	symbol	Value
Number of ants	$\eta$	50
Learning rate constant	$\gamma$	2.5
Pheromone persistence	$\rho$	0.1
Pheromone width	$\varpi$	$20^0$
Bin width	$\Delta\phi$	$10^0$
Restart length	m	50

C. Firefly Algorithm (FA)

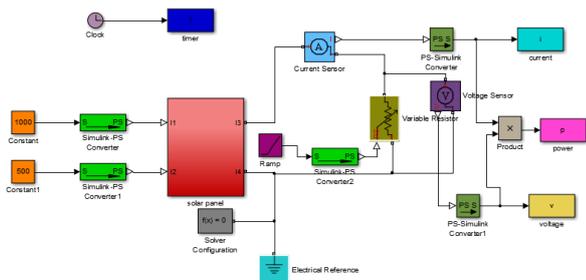
Algorithm Firefly (FA) pertama ditemukan oleh Dr.Xin-She Yang di Universitas Cambridge pada tahun 2007[19]. Dalam proses permasalahan optimisasi, kecerahan cahaya kunang-kunang adalah sebanding untuk nilai dari fungsi tujuan. Bentuk lain dari kecerahan dapat didefinisikan pada cara yang sama untuk fungsi fitness pada algoritma genetika. Dalam proses permasalahan optimisasi, kecerahan cahaya kunang-kunang adalah sebanding untuk nilai dari fungsi tujuan. Bentuk lain dari kecerahan dapat didefinisikan pada cara yang sama untuk fungsi fitness pada algoritma genetika. Berdasarkan pada ketiga peraturan ini, langkah dasar dari algoritma kunang-kunang dapat diringkas sebagai pseudo code. Data parameter-parameter standar FA yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4 Parameter FA

Parameter	Nilai
<i>Beta</i>	0.5
<i>Alpha</i>	0.5
<i>Gamma</i>	0.5
Dimensi	3
Jumlah Kunang-Kunang	50
Iterasi maksimum	50

**D. Desain PV**

Desain Simulink PV untuk partial shading dapat dilihat pada gambar 4:



Gambar 4. Simulasi dual axis

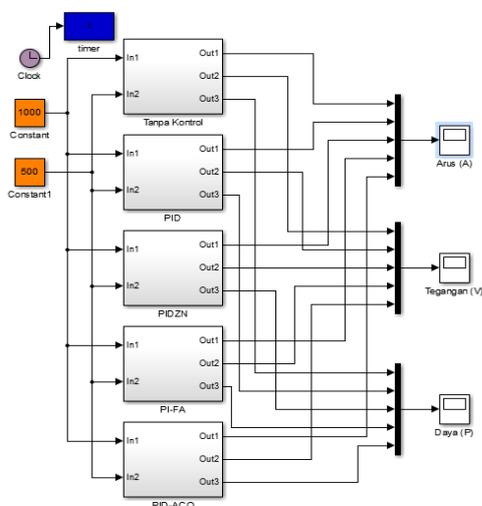
**IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN**

Konstanta hasil simulasi didapatkan konstanta kp, ki, dan kd seperti pada tabel 4.

Tabel 4. Konstanta PID

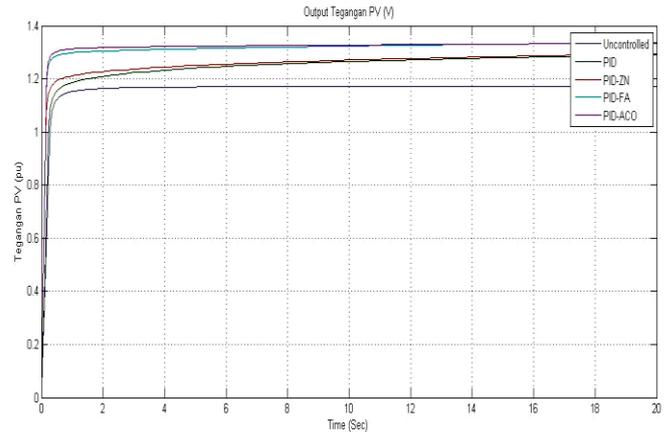
	Unc	PID	PID-ZN	PID-FA	PID-ACO
Kp	-	1	2.543	29.502	45.034
Ki	-	1	1.021	2.031	1.043
Kd	-	0	0.002	1.032	0.046

Desain tanpa kontrol, PID kontrol, PDI-FA, dan PID-ACO dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Desain kontrol partial shading pada PV

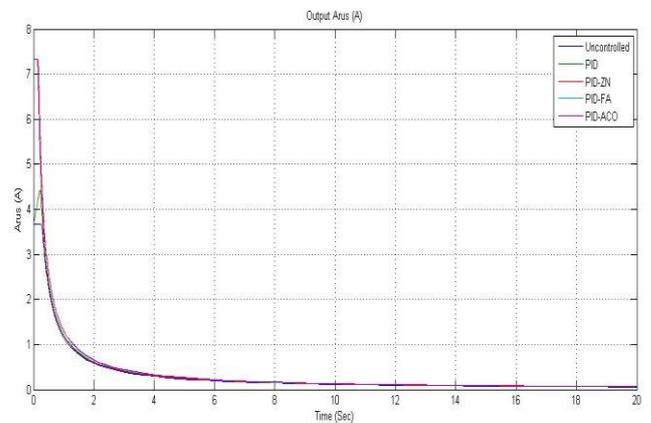
Hasil output tegangan (V) pada *partial shading* dapat dilihat pada gambar 6



Gambar 6. Output Tegangan pada partial shading pada PV

Dari gambar 6 menunjukkan bahwa tegangan maksimum untuk tanpa control sebesar 1.172 pu, PID sebesar 1.290 pu, PID-ZN sebesar 1.293 pu, PID-FA sebesar 1.336 pu. Dan PID-ACO sebesar 1.334 pu.

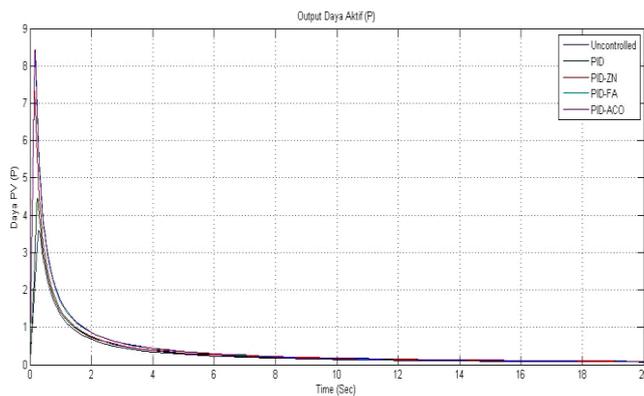
Hasil output arus (A) pada *partial shading* dapat dilihat pada gambar 7



Gambar 7. Output Arus pada partial shading pada PV

Dari gambar 7 menunjukkan bahwa arus maksimum untuk tanpa control sebesar 3.67 pu dengan arus nominal 0.0586 pu, PID arus maksimum sebesar 4.42 pu dengan arus nominal 0.0645 pu, PID-ZN arus maksimum sebesar 7.34 pu dengan arus nominal 0.0647, PID-FA arus maksimum sebesar 7.88 pu dengan arus nominal 0.0668, dan PID-ACO arus maksimum sebesar 7.75 pu dengan arus nominal 0.0667 pu.

Hasil output daya (P) pada *partial shading* dapat dilihat pada gambar 8



Gambar 8. Output Daya pada partial shading pada PV

Dari gambar 8 menunjukkan bahwa daya maksimum untuk tanpa kontrol sebesar 3.607 pu dengan daya nominal 0.0688 pu, PID daya maksimum sebesar 4.44 pu dengan daya nominal 0.0835 pu, PID-ZN daya maksimum sebesar 7.321 pu dengan daya nominal 0.0840 pu, PID-FA daya maksimum sebesar 8.304 pu dengan daya sebesar 0.0894 pu, dan PID-ACO daya maksimum sebesar 8.424 pu dengan daya nominal 0.0890 pu.

## V. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi didapatkan bahwa tegangan terbaik diperoleh dari kontroler PID-FA yaitu sebesar 1.336, arus terbaik pada PID-FA arus maksimum sebesar 7.88 pu dengan arus nominal sebesar 0.0668 pu, dan daya terbaik pada kontroler PID-FA daya maksimum sebesar 8.304 pu dan daya nominal sebesar 0.0894 pu. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kontroler terbaik pada PID-FA. Penelitian ini nanti bisa dipakai sebagai acuan dan digunakan kontroler lain agar diperoleh kontroler yang optimal.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. del Valle, G. K. Venayagamoorthy, S. Mohagheghi, J.-C. Hernandez, and R. G. Harley, "Particle Swarm Optimization: Basic Concepts, Variants and Applications in Power Systems," *IEEE Trans. Evol. Comput.*, vol. 12, no. 2, pp. 171–195, 2008.
- [2] 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.
- [3] 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 *Proceedings - 2016 IEEE- International Seminar on Application of Technology for Information and Communication, ISEMANTIC 2016*, 2017.
- [4] 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.

- [5] T. Siswanto, D. H. Kusuma, and A. Raikhani, "Desain Optimal Load Frequency Control ( Lfc ) Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro ( Pltmh ) Menggunakan Metode Particle Swarm Optimization ( Pso ) B-35 B-36," *Pros. SENTIA 2016 – Politek. Negeri Malang*, vol. 8, pp. 35–39, 2016.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] H. Nurohmah, A. Raikhani, and M. ALI, "Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Radial Menggunakan Modified Firefly Algorithms (MFA) Pada Penyulang Tanjung Rayon Jombang," *J. JEEUU*, vol. 1, no. 2, pp. 13–16, 2017.
- [9] M. Ali, D. Ajiatmo, and M. R. Djalal, "Aplikasi Modified-Imperialist-Competitive-Algorithm (MICA) Untuk Merekonfigurasi Jaringan Radial Tenaga Listrik Pada Penyulang Mojoagung," *J. JEEUU*, vol. 1, no. 2, pp. 17–21, 2017.
- [10] M. Ali, D. Ajiatmo, and M. Djalal, "Aplikasi Modified-Imperialist-Competitive-Algorithm (MICA) Untuk Merekonfigurasi Jaringan Radial," *JEEU-U*, vol. 1, no. 2, pp. 17–20, 2017.
- [11] A. Cahyono, H. K. Hidayat, S. Arfaah, and M. Ali, "Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Radial Untuk Mengurangi Rugi Daya Pada Penyulang Jatirejo Rayon Mojoagung Menggunakan Metode Binary Particle Swarm Optimization (BPSO)," in *SAINTEK II-2017, UB, Malang*, 2017, pp. 103–106.
- [12] M. Fayyadl, T. Sukmadi, and B. Winardi, "Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Daya Listrik dengan Metode Algoritma Genetika," *Transmisi*, vol. 8, no. 2, 2006.
- [13] L.-Y. Chuang, J.-H. Tsai, and C.-H. Yang, "Binary particle swarm optimization for operon prediction," *Nucleic Acids Res.*, vol. 38, no. 12, pp. e128–e128, 2010.