

Penggunaan Binary Particle Swarm Optimization untuk Rekonfigurasi Jaringan Tenaga Listrik pada Penyulang Meri

¹ Hari Sufitrihansyah, ² Mochamad Ali Rofiq, ³ Dwi Ajiatmo, ⁴ Machrus Ali

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

¹ harishansyah96@gmail.com, ² moch.alirofiq@gmail.com, ³ ajiatmo@gmail.com, ⁵ machrus7@gmail.com

Abstrak — Binary Particle Swarm Optimization (BPSO) adalah pengembangan dari Particle Swarm Optimization (PSO) yang didasarkan pada perilaku sebuah kawanan serangga, seperti semut, rayap, lebah atau burung. Algoritma BPSO didisain untuk menyelesaikan masalah optimisasi secara kombinasi yang diskrit, dimana partikel mengambil nilai vektor biner dengan panjang n dan kecepatan yang didefinisikan sebagai probabilitas dari bit x_n untuk mencapai nilai 1. Jaringan listrik distribusi radial akan terjadi rugi tegangan yang cukup besar pada titik ujungnya. Besar tegangan ujung ditentukan oleh jarak penyaluran dan besar beban. Bentuk konfigurasi juga mempengaruhi besarnya rugi daya dan rugi tegangan. Sehingga diperlukan konfigurasi yang baik agar diperoleh efisiensi yang baik. Rekonfigurasi jaringan distribusi digunakan untuk mengatur ulang bentuk konfigurasi jaringan dengan jalan membuka dan menutup switch pada jaringan distribusi. Rekonfigurasi diharapkan dapat mengurangi rugi-rugi daya dan meningkatkan keandalan sistem distribusi. Banyak feeder dan bus pada jaringan jika dihitung secara manual akan sulit dan memerlukan waktu yang sangat lama. Sehingga penyelesaian permasalahan menggunakan Artificial Intelligence (AI). Dalam hal ini menggunakan Binary Particle Swarm Optimization (BPSO). Dengan merekonfigurasi jaringan, yaitu dengan merubah open switch line menjadi 7, 17, 24, 29, dan 41. Hasil rekonfigurasi dapat mereduksi kerugian daya sebesar 30.8361 %. Dan memperbaiki profile menjadi 0.98577 pu. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa metode BPSO bisa mereduksi rugi tegangan sebesar 30.8361 %.

Kata Kunci— BPSO, Distribusi Radial, kecerdasan buatan, PSO, Rekonfigurasi

Abstract - Binary Particle Swarm Optimization (BPSO) is the development of Particle Swarm Optimization (PSO) based on the behavior of a herd of insects, such as ants, termites, bees or birds. The BPSO algorithm is designed to solve discrete combination problems of optimization, in which the particle takes the binary vector value of length n and the speed defined as the probability of the x_n bit to reach the value 1. The radial distribution network of electricity will result in a considerable loss of voltage at the endpoint. The magnitude of the tip end is determined by the distance of the discharge and the weight of the load. Configuration forms also affect the amount of power loss and voltage loss. So it takes a good configuration to obtain good efficiency. The reconfiguration distribution network is used to

reset the network configuration form by opening and closing switches on the distribution network. Reconfiguration is expected to reduce power losses and improve distribution system reliability. Many feeders and buses on the network if calculated manually will be difficult and require a very long time. So the solution to the problem of using Artificial Intelligent (AI). In this case, using Binary Particle Swarm Optimization (BPSO). By configuring the network, that is by changing the open switch line to 7, 17, 24, 29, and 41. Reconfiguration results can reduce power losses by 30.8361%. And fix the profile to 0.98577 pu. Thus it can be said that the BPSO method can reduce voltage loss by 30.8361%.

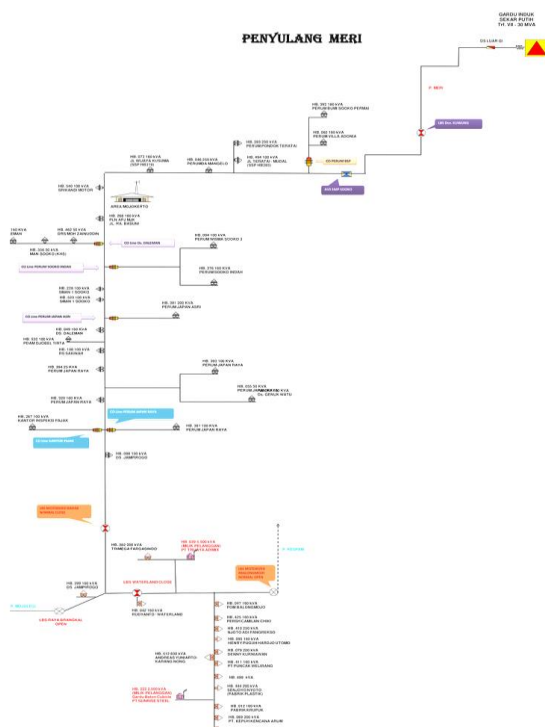
Keywords - Artificial Intelligence, BPSO, Radial Distribution, PSO, Reconfiguration

I. PENDAHULUAN

Saat ini Artificial Intelligence (AI) sering digunakan untuk mengembangkan berbagai keilmuan diantaranya sebagai kontrol pada sistem tenaga[1], sebagai kontrol kecepatan motor DC[2], sebagai kontrol steer kendaraan[3], sebagai kontrol sudu turbin angin[4], sebagai kontrol mikrohidro[5]. Diantaranya juga menggunakan metode Ant Colony Optimization (ACO) [6] dan Firefly Algorithm (FA)[7][8]. Beberapa penelitian membandingkan ICA dengan kecerdasan buatan lainnya dan ICA menghasilkan hasil yang lebih baik dari kecerdasan buatan lainnya[3]. Diantaranya dimodifikasi atau improvisasi program untuk masalah rekonfigurasi jaringan[4]. Maka pada penelitian ini digunakan metode Modified Imperialist Competitive Algorithm (MICA) yang merupakan modifikasi dari ICA dan Binary Particle Swarm Optimization (BPSO) yang mengambil nilai diskrit yang nantinya digunakan sebagai saklar[9]. Konfigurasi jaringan distribusi radial bentuknya sangat beragam dan sulit untuk disederhanakan. Rekonfigurasi jaringan distribusi digunakan untuk mengatur ulang bentuk konfigurasi jaringan dengan jalan membuka dan

menutup switch yang terdapat pada jaringan distribusi[10]. Penelitian sebelumnya sudah diteliti menggunakan Binary Particle Swarm Optimization (BPSO)[11], Genetic Algorithm (GA)[12] dan Modified Firefly Algorithm (MFA)[8].

Pada Jaringan Tegangan menengah Penyulang Meri GI Sekar putih pada Trafo VII 30 MVA terdiri dari 52 bus (GTT) dan 55 saluran. Single line Penyulang Meri dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Single line penyulang Meri.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Kerugian Daya

Perhitungan yang berlaku pada sistem distribusi arus bolak-balik adalah mirip dengan perhitungan yang berlaku pada sistem distribusi arus searah. Tetapi, ada beberapa perbedaan prinsip yang harus diperhatikan dan dipahami pada sistem arus bolak-balik antara lain: Perhitungan arus pada tiap seksi saluran AC merupakan jumlah vektor dari arus-arus beban yang penjumlahan hitungan aljabar biasanya seperti pada sistem arus searah. Jumlah arus dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan aljabar biasa, bila dinyatakan dalam notasi

bilangan kompleks. Tiap beban bisa saja memiliki besar power factor yang berbeda dengan beban lain. Masing-masing besar power factor berkaitan dengan besar tegangan catu dayanya berdasarkan besaran vector. Pada sistem arus searah, sifat beban dikenal memiliki karakteristik resistif murni, dengan “Unity Power Factor” ($\cos \phi = 1$). Pada rangkaian arus bolak-balik, besarnya rugi tegangan tidak hanya bergantung pada besar resistensi murni R dari bebannya, tetapi juga bergantung pada besarnya reaktansi induktif dan reaktansi kapasitif, yang sering diabaikan.

B. Rekonfigurasi jaringan

Rekonfigurasi jaringan (Network Reconfiguration) merupakan suatu usaha merubah bentuk konfigurasi jaringan distribusi dengan mengoperasikan pensakelaran terkontrol jarak jauh (switching remotely controlled) pada jaringan distribusi tanpa menimbulkan akibat yang beresiko pada operasi dan bentuk sistem jaringan distribusi secara keseluruhan. Dalam kondisi operasi normal, rekonfigurasi jaringan dilakukan karena dua alasan: mengurangi rugi-rugi daya pada sistem (loss reduction), mendapatkan pembebanan yang seimbang untuk mencegah pembebanan yang berlebih pada jaringan (load balancing). Rekonfigurasi jaringan dilakukan untuk mengurangi rugi-rugi daya pada jaringan distribusi daya listrik tipe radial.

C. Aliran Daya.

Studi aliran daya adalah penentuan atau perhitungan tegangan, arus dan daya yang terdapat pada berbagai titik suatu jaringan pada keadaan pengoperasian normal, baik yang sedang berjalan maupun yang akan datang. Aliran daya pada penelitian ini tidak dibahas secara khusus dan mendetail, karena hanya digunakan sebagai studi untuk menentukan tegangan dan daya yang dijadikan sebagai dasar untuk melakukan rekonfigurasi jaringan pada jaringan distribusi daya listrik tipe radial.

D. Formulasi Rekonfigurasi Jaringan

Pada bagian ini permasalahan rekonfigurasi jaringan disusun sebagai permasalahan multiobjektif. Di mana fungsi tersebut terdiri dari lima fungsi objektif, dan memiliki faktor beban yang berfungsi untuk menyatakan besarnya hubungan antara masing-masing fungsi objektif tersebut. Fungsi-fungsi objektif tersebut adalah: Minimalisasi daya complex tak seimbang

$$TSu = \sum_{j=1}^m S_j^u \quad (1)$$

dimana: m = jumlah saluran feeder dari feeder utama
 S_j^u = daya kompleks tiga fasa tak seimbang pada setiap fasa, dinyatakan dengan:

$$S_j^u = \sqrt{\frac{1}{3} \sum_{p=a,b,c} |S_j^p - S_j^o|^2} \quad (2)$$

$$S_j^o = (S_j^a + S_j^b + S_j^c)/3 \quad (3)$$

S_j^p = daya complex pada pembebanan per fasa, fasa a,b, dan c, S_j^o = daya kompleks ideal per fasa yang bergantung pada pembebanan ideal per fasa.

Jika bernilai 0, maka daya complex pada saluran j seimbang. Minimalisasi total rugi saluran

$$TL_1 = \sum_{j=1}^m \cdot \sum_{p=a,b,c} (I_j^p)^2 \cdot r_j^{ne} \quad (4)$$

Dimana: I_j^p = arus fasa p dari feeder j, r_j^p = resistansi fasa p dari feeder j, I_j^{ne} = arus netral dari feeder j, r_j^{ne} = resistansi netral dari feeder j, Minimalisasi rata-rata jatuh tegangan

$$AV_d = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \frac{1}{3} \sum_{p=a,b,c} \left| \frac{V_{nominal} - V_k^p}{V_{nominal}} \right| \times 100\% \quad (5)$$

n = jumlah titik beban pada feeder, Vnominal = tegangan nominal fasa, V_k^p = besar tegangan fasa p pada titik beban k, VD_k = jatuh tegangan rata-rata pada titik beban k.[11,12]

III. METODE PENELITIAN

Binary Particle Swarm Optimization (BPSO)

Binary Particle Swarm Optimization (BPSO) adalah pengembangan dari Particle Swarm Optimization (PSO) yang didasarkan pada perilaku sebuah kawanan serangga, seperti semut, rayap, lebah atau burung[2]. Perilaku sosial terdiri dari tindakan individu dan pengaruh dari individu-individu lain dalam suatu kelompok. Kata partikel menunjukkan, misalnya, seekor burung dalam kawanan burung. Setiap individu atau partikel berperilaku secara terdistribusi dengan cara menggunakan kecerdasannya (intelligence) sendiri dan juga dipengaruhi perilaku kelompok kolektifnya[1].

Dalam konteks optimasi multivariabel, kawanan diasumsikan mempunyai ukuran tertentu atau tetap dengan setiap partikel posisi awalnya terletak di suatu lokasi yang acak dalam ruang multidimensi. Setiap partikel diasumsikan memiliki dua karakteristik: posisi dan kecepatan. Setiap partikel bergerak dalam ruang/space tertentu dan mengingat posisi terbaik yang

pernah dilalui atau ditemukan terhadap sumber makanan atau nilai fungsi objektif[13].

Setiap partikel menyampaikan informasi atau posisi bagusnya kepada partikel yang lain dan menyesuaikan posisi dan kecepatan masing-masing berdasarkan informasi yang diterima mengenai posisi yang bagus tersebut. Sebagai contoh, misalnya perilaku burung-burung dalam dalam kawanan burung. Meskipun setiap burung mempunyai keterbatasan dalam hal kecerdasan, biasanya ia akan mengikuti kebiasaan (rule) seperti berikut: seekor burung tidak berada terlalu dekat dengan burung yang lain, burung tersebut akan mengarahkan terbangnya ke arah rata-rata keseluruhan burung, akan memposisikan diri dengan rata-rata posisi burung yang lain dengan menjaga sehingga jarak antar burung dalam kawanan itu tidak terlalu jauh. Model ini akan disimulasikan dalam ruang dengan dimensi tertentu dengan sejumlah iterasi sehingga di setiap iterasi, posisi partikel akan semakin mengarah ke target yang dituju (minimasi atau maksimasi fungsi). Ini dilakukan hingga maksimum iterasi dicapai atau bisa juga digunakan kriteria penghentian yang lain[9].

Algoritma BPSO didisain untuk menyelesaikan masalah optimisasi secara kombinasi yang diskrit, dimana partikel mengambil nilai vektor biner dengan panjang n dan kecepatan yang didefinisikan sebagai probabilitas dari bit xn untuk mencapai nilai 1. BPSO membalikkan rumus untuk kecepatan bila kecepatan dibatasi pada interval [0,1] dengan membatasi fungsi dan dengan menggunakan fungsi sigmoid.

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Data saluran dan impedansi saluran Beban pada JTM 20 kV Penyulang Meri dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Data beban

bus_i	type	Pd	Qd	Gs	Bs	area	Vm	Va	basekV	zone	Vmax	Vmin
1	3	0.0000	0.000	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
2	1	0.0715	0.125	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
3	1	0.0817	0.030	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
4	1	0.0714	0.025	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
5	1	0.0818	0.030	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
6	1	0.0918	0.025	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
7	1	0.0714	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
8	1	0.0510	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
9	1	0.0306	0.020	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
10	1	0.0510	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
11	1	0.0450	0.030	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
12	1	0.0513	0.035	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
13	1	0.0360	0.035	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
14	1	0.0612	0.080	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
15	1	0.0612	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
16	1	0.0714	0.025	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
17	1	0.0816	0.020	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
18	1	0.0918	0.040	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
19	1	0.0490	0.020	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
20	1	0.0918	0.040	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
21	1	0.0490	0.020	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
22	1	0.0918	0.040	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
23	1	0.0490	0.050	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
24	1	0.0612	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
25	1	0.0612	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
26	1	0.0360	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
27	1	0.0715	0.025	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
28	1	0.0360	0.020	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
29	1	0.0918	0.070	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
30	1	0.0490	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
31	1	0.0715	0.070	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
32	1	0.0611	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
33	1	0.0714	0.040	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
34	1	0.0918	0.040	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
35	1	0.0919	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
36	1	0.0715	0.070	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
37	1	0.0510	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
38	1	0.0918	0.070	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
39	1	0.0919	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
40	1	0.0715	0.070	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
41	1	0.0510	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
42	1	0.0918	0.040	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
43	1	0.0490	0.050	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
44	1	0.0612	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
45	1	0.0612	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
46	1	0.0360	0.025	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
47	1	0.0715	0.025	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
48	1	0.0360	0.020	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
49	1	0.0918	0.070	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
50	1	0.0490	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
51	1	0.0715	0.070	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90
52	1	0.0611	0.100	0	0	1	1.00	0	20	1	1.00	0.90

Hasil rekonfigurasi jaringan dapat dilihat pada tabel 2.

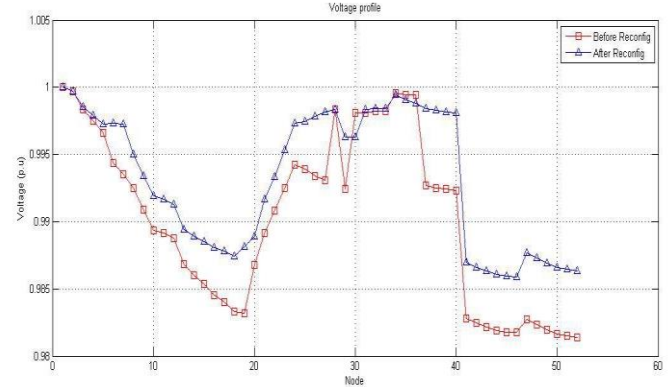
Tabel 2. Hasil ringkasan rekonfigurasi jaringan

System Summary				
=====				
How many?		How much?	P (MW)	Q (MVar)
-----				-----
Buses	52	Total Gen Capacity	0.0	0.0 to 0.0
Generators	1	On-line Capacity	0.0	0.0 to 0.0
Committed Gens	1	Generation (actual)	3.3	3.0
Loads	51	Load	3.3	3.0
Fixed	51	Fixed	3.3	3.0
Dispatchable	0	Dispatchable	-0.0 of -0.0	-0.0
Shunts	0	Shunt (inj)	-0.0	0.0
Branches	56	Losses (I^2 * Z)	0.02	0.02
Transformers	0	Branch Charging (inj)	-	0.0
Inter-ties	0	Total Inter-tie Flow	0.0	0.0
Areas	1			
		Minimum	Maximum	

Voltage Magnitude		0.986 p.u. @ bus 46	1.000 p.u. @ bus 1	
Voltage Angle		-0.02 deg @ bus 40	0.08 deg @ bus 45	
P Losses (I^2*R)		-	0.00 MW @ line 2-3	
Q Losses (I^2*X)		-	0.00 MVar @ line 2-3	

Jumlah bus ada 52, dengan 51 bus beban dan 56 saluran.

Gambar profile tegangan sebelum dan sesudah rekonfigurasi tiap bus dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Profile tegangan rekonfigurasi

Hasil switch line sebelum dan sesudah rekonfigurasi dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil simulasi bus distribusi

***** SIMULATION RESULTS OF 52 BUS DISTRIBUTION NETWORK *****										
	BEFORE RECONFIGURATION					AFTER RECONFIGURATION				
Tie switches:	35	49	17	28	45	7	17	24	29	41
Power loss:	34.7674 kW					24.0465 kW				
Power loss reduction:	<u> </u>					30.8361 %				
Minimum voltage:	0.98138 pu					0.98577 pu				
Elapsed time is 32.163398 seconds.										

Data beban dan impedansi beban diolah menggunakan program matlab 2013a.

Dari hasil running menunjukkan bahwa sebelum rekonfigurasi memutuskan open switch line 35, 49, 17, 28, dan 45 setelah rekonfigurasi 7, 17, 24, 29, dan 41. Losses sebelum rekonfigurasi sebesar 34.7674 kW dan setelah konfigurasi sebesar 24.0465 kW. Maka rekonfigurasi dapat mereduksi kerugian daya sebesar 30.8361 %. Dan memperbaiki profile tegangan dari 0.98138 pu menjadi 0.98577 pu.

V. KESIMPULAN

Dengan merekonfigurasi jaringan, yaitu dengan merubah open switch line menjadi 7, 17, 24, 29, dan 41. Hasil rekonfigurasi dapat mereduksi kerugian daya sebesar 30.8361 %. Dan memperbaiki profile menjadi 0.98577 pu. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa metode BPSO bisa mereduksi rugi tengangan sebesar 30.8361 %.

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. JEEU*, 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. JEEU*, 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," *JEEE-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.