

Optimasi Koordinasi Rele Arus Lebih Menggunakan Metode Algoritma Kunang Kunang Pada Penyulang Pantry Gardu Induk Cipinang

Muhammad Rizky Kurniawan¹; Hasna Satya Dini^{*}

¹Teknik Elektro, Institut Teknologi PLN, Menara PLN, Jl. Lingkar Luar Barat, Duri Kosambi, Cengkareng, DKI Jakarta, DKI Jakarta, 11750, Indonesia

^{*}Email: hasna@itpln.ac.id

Received: 05 Juni 2023 | Accepted: 08 Juli 2023 | Published: 08 Juli 2023

ABSTRACT

Pantry Feeder reconfiguration at the Cipinang substation requires readjusting its relay parameters so it can work fast, selectively, and sensitively. The conventional relay parameter calculation method requires a manually iterative process, which may result in inaccuracy. To avoid this error, the parameters of the main relay (Relay CBO E146) and the backup relay (Relay Incoming Feeder) at the Pantry Feeder are set using the metaheuristic method, in this case the Firefly Algorithm. This algorithm's goal is to find the shortest relay coordination time given the relay working time limits and coordination time intervals. The optimization results obtained were validated using the ETAP application and compared with the results of conventional parameter calculation at four different fault points. The Firefly algorithm method can produce faster yet still selective relay coordination with a coordination time interval are 0.273; 0.349; 0.389; 0.456 seconds, while the conventional method is 1.072; 1.162; 1.302; 1.482 seconds.

Keywords: Overcurrent relay, Firefly Algorithm, Short Circuit

ABSTRAK

Rekonfigurasi pada Penyulang Pantry di Gardu Induk Cipinang mengharuskan penyetelan ulang waktu operasinya supaya relay tetap bekerja cepat, selektif, dan sensitif. Metoda perhitungan parameter relay secara konvensional membutuhkan proses iteratif secara manual dan memungkinkan hasil yang tidak akurat. Sehingga pada penelitian ini pengaturan parameter rele utama (Relay CBO E146) dan rele cadangan (Relay Incoming Feeder) di Penyulang Pantry menggunakan metoda metaheuristik dalam hal ini Algoritma Kunang-Kunang. Fungsi objektif dari algoritma ini adalah waktu koordinasi relay minimal dengan batasan waktu kerja relay dan interval waktu koordinasi relay utama dan relay bantu. Hasil optimasi yang didapat divalidasi menggunakan aplikasi ETAP dan dibandingkan dengan hasil perhitungan parameter relay metoda konvensional pada 4 titik gangguan berbeda. Metode Algoritma kunang kunang dapat menghasilkan koordinasi rele yang lebih cepat namun tetap selektif dengan interval waktu koordinasi antara relay utama dan relay bantu 0,273; 0,349; 0,389; 0,456 detik sedangkan pada metode konvensional 1,072; 1,162; 1,302; 1,482 detik.

Kata Kunci: Algoritma Kunang-kunang, Hubung Singkat

1. PENDAHULUAN

PT.PLN (Persero) UP3 Pondok Kopi merupakan salah satu unit area dari PT.PLN (Persero) Distribusi Jakarta Raya, UP3 Pondok Kopi memiliki beberapa Gardu Induk salah satunya yaitu GI Cipinang, GI Cipinang menyuplai 17 penyulang. Pada tahun 2018 telah dilakukan konfigurasi ulang jaringan penyulang Pantry GI Cipinang, dimana awalnya terdapat sepuluh gardu distribusi dari gardu CBO E146 sampai GH68, kemudian 3 gardu E92, KD66 dan CBO E93 dipindahkan ke penyulang lain sehingga total gardu pada penyulang Pantry berkurang beserta panjang penyulangnya. Untuk terjaganya keandalan sistem pengamanan penyulang Pantry harus melakukan penyetelan dan koordinasi ulang pada sistem proteksi yang digunakan agar proteksi yang digunakan memenuhi persyaratan dan mampu mengamankan peralatan-peralatan listrik.

Proteksi yang digunakan pada penyulang Pantry salah satunya yaitu rele arus lebih pada 3 lokasi diantaranya pada Incoming Feeder Pantry, pada Bus (CBO) E146 dan pada Bus (CBO) PL159. Rele ini digunakan untuk mengamankan penyulang dari gangguan arus hubung singkat 3 fasa, penentuan setelan rele arus lebih ditentukan dari data jaringan, spesifikasi rele, dan batasan yang digunakan dalam perhitungan, dengan metode konvensional berupa perhitungan manual dibutuhkan proses yang cukup lama karena tergantung teknisi yang menghitung ataupun hanya berdasarkan pengalaman terjadinya gangguan sebelumnya. Terkadang hasil setelan rele yang didapat tidak akurat dan perlu dilakukan perhitungan berulang sampai didapat waktu terbaik, tentunya hal ini tidak efektif karena memerlukan banyak waktu dalam proses penentuan setelan relenya.

Ada metode lain yang bisa digunakan untuk menentukan waktu operasi rele dengan hasil yang akurat dan lebih optimal, metode optimasi ini dapat dilakukan dengan menggunakan kecerdasan buatan (artificial intelligent), intelligent computing untuk menentukan setelan waktu operasi rele atau menggunakan metode turunan dari AI yaitu metode kecerdasan berkelompok (swarm intelligent) untuk menentukan setelan rele, sudah banyak penelitian yang dilakukan dengan hasil metode swarm intelligent dapat mengoptimasi waktu operasi rele dibanding dengan metode konvensional.

Salah satu metode optimasi yang termasuk dalam swarm intelligent adalah metode algoritma kunang kunang, algoritma ini dicetuskan oleh Xin-She Yang [1]. Algoritma ini terinspirasi dari pola kedipan kunang-kunang dan perilakunya, pengoptimalan didapatkan dari algoritma ini karena kunang-kunang bersifat unisex, kunang-kunang yang intensitas cahayanya rendah/ redup tertarik pada kunang-kunang yang memiliki intensitas cahaya yang lebih terang, kecerahan pada kunang-kunang dapat dibuat menjadi suatu fungsi untuk pengoptimalan.

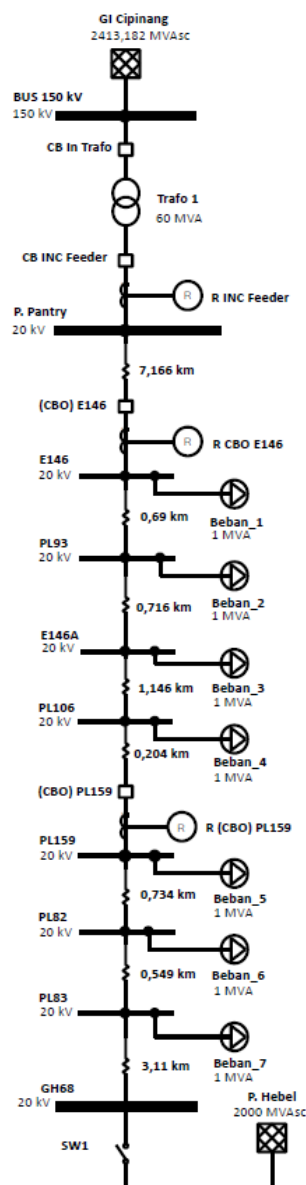
Pada penelitian sebelumnya [2] menggunakan metode konvensional untuk menentukan setting dan koordinasi rele arus lebih pada penyulang Pantry dengan karakteristik Inverse Time, didapatkan hasil setting yang benar sesuai teori tetapi belum adaptif karena perlu setting ulang setiap tahun atau setiap ada perubahan pada jaringan sehingga diperlukan setting waktu operasi rele yang lebih adaptif menyesuaikan parameter terbaru pada penyulang, pada penelitian lain [3] menggunakan metode algoritma kunang kunang (FA) untuk membandingkan koordinasi rele antara metode konvensional dan metode algoritma kunang kunang (FA), dengan hasil metode firefly algorithm (FA) mampu bekerja secara selektif dan lebih akurat dibandingkan dengan metode konvensional, selanjutnya [4] menggunakan metode *modified firefly algorithm* (MFA) untuk menentukan nilai kerja rele yang efektif yang dapat diterapkan pada sistem distribusi dengan banyak

pembangkit (DG), dengan hasil rele dapat bekerja secara adaptif sehingga koordinasi yang didapat optimal. Pada penelitian ini akan digunakan dua metode yaitu metode konvensional perhitungan secara manual dan metode AI algoritma kunang kunang (FA) untuk penentuan setelan waktu operasi dan koordinasi dari rele arus lebih pada penyulang Pantry GI Cipinang, dan juga untuk melihat pengoptimasian setelan dan koordinasi rele setelah menggunakan metode algoritma kunang kunang

2. METODOLOGI

2.1. Pemodelan Penyulang Pantry

Pemodelan Penyulang Pantry dilakukan pada aplikasi ETAP untuk mensimulasikan respon relay saat terjadi gangguan hubung singkat. Penyulang Pantry disuplai oleh GI Cipinang melalui Trafo 1 dan memiliki panjang 14,32 KM. Penyulang Pantry terdapat 3 rele arus lebih pada incoming Feeder, bus E146, dan bus PL159 seperti tercantum pada Gambar 1.



Gambar 1. Single Line Diagram Penyulang Pantry

Parameter yang dimasukkan untuk pemodelan saluran pantry beserta relaynya terangkum dalam Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Data Gardu Induk dan Saluran

No	Keterangan	Rating	Satuan
1	Daya Trafo Tenaga	60	MVA
2	Rasio tegangan	150/20	kV
3	Reaktansi urutan positif trafo tenaga	12,129	%
4	Arus nominal Saluran 20 kV	1732	A
	Impedansi Saluran Arus Beban		
5	Ratio CT Prim Trafo	350/2	A
6	Ratio CT Sec Trafo	2100/2	A
7	Arus Hubung singkat 150 kV 3 fasa	42,32	kA

Tabel 2. Data Rele penyulang Pantry

NO	Keterangan	Kode	Tipe	CT
1	R. <i>INC Feeder</i>	51	MICOM P123	2100/2
2	R. CBO E146	51	MICOM P123	350/5
3	R. CBO PL159	51	MICOM P123	300/5

a. Validasi SLD melalui Simulasi Load Flow

Validasi SLD melalui simulasi load flow pada aplikasi ETAP dibutuhkan untuk mengetahui parameter dari masing-masing peralatan yang dimasukkan pada aplikasi sudah sesuai dengan data sebenarnya atau tidak.

b. Simulasi dan Analisa Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa

Simulasi dan analisa gangguan hubung singkat 3 fasa dilakukan pada aplikasi ETAP, data ini akan digunakan pada penentuan setelan rele baik menggunakan metode konvensional maupun pada metode algoritma kunang kunang, dengan data hasil simulasi gangguan hubung singkat 3 fasa maximum sebagai berikut:

Tabel 3. Arus Hubung Singkat

NO	Bus	Tegangan (kV)	Isc Max ½ Cycle (A)
1	Penyulang Pantry	20	13096
2	(CBO) E146	20	6991
3	(CBO) PL159	20	5843

c. Penentuan Setelan Rele Menggunakan Metode Konvensional

Penyetelan rele arus lebih ditentukan berdasarkan kurva yang dipakai, pada penelitian ini dipilih kurva karakteristik *Very Inverse*. Terdapat tiga bagian yang bisa dihitung untuk penyetelan rele arus lebih kurva *inverse* yaitu *time dial (TD)*, waktu operasi rele (Top) dan arus pickup (Ip atau Iset), untuk mendapatkan setelan

Ip atau Iset dapat menggunakan pemilihan tap dengan perhitungan tap sebagai berikut:

$$tap = \frac{I_{Set}}{CT \text{ Primer}} \quad (1)$$

Dan Ip atau Iset ditentukan melalui batasan penyetelan yang sudah dibuat standar salah satunya menurut *British standard* 142 dapat dilakukan dengan perhitungan berikut:

$$1,05 \times FLA \leq I_{Set} \leq 1,4 \times FLA \quad (2)$$

Kemudian akan dihitung setelan *time dial* (TD), hitungan TD dibutuhkan untuk menentukan setelan operasi dari tiap rele dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Top = \frac{k \times TD}{\left[\left(\frac{I_{scmax}}{I_{Set}}\right)^{\alpha} - 1\right]} \quad (3)$$

$$TD = \frac{Top \times \left[\left(\frac{I_{scmax}}{I_{Set}}\right)^{\alpha} - 1\right]}{k} \quad (4)$$

Dimana:

Top = Waktu untuk bekerja (detik)

TD = *Time dial* (tanpa satuan)

I_{Set} = Arus *Pickup* (Ampere)

I_{scmax} = Besar arus maksimum pada Bus atau saat dirasakan rele (Ampere)

α, k = Konstanta

d. Penentuan Setelan Rele Menggunakan Metode Algoritma kunang kunang

Tahap pertama melakukan Input data rele dan jaringan beserta dengan parameter yang sudah ditentukan yaitu FLA, $I_{scmaxprimer}$, $I_{scmaxbackup}$, CT *Primer*, CTI yang diinginkan dan batasan waktu operasi yang diinginkan.

Tahap kedua adalah inisiasi populasi kunang-kunang (TDS) yang bergerak secara acak dengan batasan yang sudah ditentukan yaitu [5]:

- $TDS_{min} \leq TDS \leq TDS_{max}$, Nilai TDS_{min} pada penelitian ini adalah 0,025 dan TDS_{max} 1,5. Sesuai spesifikasi rele [6]
- $1,05 \times FLA \leq I_{set}/I_{pickup} \leq 1,4 \times FLA$, Dalam tahap ini untuk membangkitkan populasi kunang-kunang secara acak digunakan, kunang-kunang masing-masing akan memiliki nilai TDS satu set tiap rele.[7]

Tahap ketiga adalah melakukan perhitungan waktu operasi rele, setelah tahap kedua berhasil maka akan ada TDS awal berupa partikel yang masih acak nilainya, kemudian akan diolah kembali untuk menghasilkan waktu operasi rele dengan persamaan sebagai berikut:

$$Top_n = \frac{13,5 \times TD}{\left[\left(\frac{I_{scmax}}{I_{Set}}\right)^1 - 1\right]} \quad (5)$$

Dengan fungsi *object*:

$$f = Min\{\sum_{j=1}^n Ti\} \quad [8] \quad (6)$$

Fungsi objek ini untuk meminimalkan dari total waktu operasi dari semua rele utama dengan memperhatikan batasan-batasan yang akan ditentukan untuk koordinasi rele yang lebih baik (Benabid et al., 2014) dan nilai fungsi objektif (*Cost*) disini sebagai intensitas cahaya dari kunang-kunang, kunang-kunang akan semakin terang apabila nilai *cost function*nya semakin kecil

Dengan keterangan:

Ti = Setelan Rele

n = Jumlah Rele

j = Rele ke-1 sampai ke n

Tahap keempat adalah main loop dari algoritma kunang-kunang dengan rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$x_i^t = x_i^t + \beta(x_i^t - x_j^t) + \alpha_t * rand \quad (7)$$

Dimana:

x_i^t = Posisi kunang-kunang *i* pada iterasi ke *t*

x_j^t = Posisi kunang-kunang *j* pada iterasi ke *t*

β = Tingkat ketertarikan kunang-kunang

α = Koefisien bilangan *random* pada iterasi ke *t*

Cost setiap kunang-kunang akan dibandingkan pada tahap ini, kunang-kunang bernilai *cost* tinggi akan mendekati kunang-kunang yang bernilai *cost* rendah, maka akan terjadi perubahan TDS karena kunang-kunang bergerak dimana kunang-kunang (TDS) yang cahayanya lebih redup (*i*) (*cost* tinggi) akan bergerak menuju kunang-kunang yang cahayanya lebih terang (*j*) (*cost* rendah), sehingga nilai Top dan CTI akan berubah seiring pergerakan kunang-kunang.

Tahap kelima adalah kunang-kunang yang sudah bergerak dan memiliki nilai *cost* yang telah diperbarui akan dievaluasi dengan screening sesuai batasan/constraint yang sudah ditentukan, sebagai berikut:

- Evaluasi waktu interval rele (CTI) antara rele utama dan rele cadangan dengan nilai CTI yang dipilih $\geq 0,2$ detik [9]
- Evaluasi waktu operasi rele, rele akan dibatasi waktu operasinya antara 0,3 detik minimum dan 0,9 detik maksimum

Jika besarnya CTI dan Top tidak terpenuhi maka program akan mengganti dengan data populasi *firefly/cost* terbaru di iterasi selanjutnya

Tahap keenam setelah data dievaluasi dan ditemukan *cost* paling minimum, maka nilai ini akan disimpan menjadi Best Solution atau *Best Cost*, jika tidak maka proses iterasi akan berlanjut.

Tahap ketujuh proses iterasi akan terus berjalan dan akan berhenti sampai posisi iterasi maximum dan mendapat nilai *Best Cost* atau *Cost* paling minimum, *Best Cost* pada Iterasi maximum dalam penelitian ini terdiri dari 5 data berupa TDS, Top, *Cost*, CTI dan error CTI.

Tahap kedelapan data pada iterasi maximum berupa setelan rele atau *Best Cost* akan ditampilkan beserta kurva konvergensinya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Setelan Rele Arus Lebih Metode Konvensional

Pada penyulang Pantry digunakan 3 rele arus lebih untuk mengamankan jaringan ketika terjadi gangguan hubung singkat, masing-masing perhitungan setelan rele arus lebih dilakukan seperti langkah di bawah ini:

1. Parameter Rele

Manufaktur Rele = Areva
Model Rele = MICOM P123
CT = 300/5 A
 $I_{sc\ Max\ Bus} = 5843\ A$
 $I_{sc\ Max\ Prim} = 5697\ A$
FLA = 300 A

2. Penentuan arus *pickup* (I_p)

$1,05 \times FLA \leq I_{set} \leq 1,4 \times FLA$
 $1,05 \times 300\ A \leq I_{set} \leq 1,4 \times 300\ A$
 $315\ A \leq I_{set} \leq 436,8\ A$
Dipilih $I_{set} = 330\ A$

$$tap = \frac{I_{set}}{CT\ Primer}$$

$$tap = \frac{330}{300} = 1,1\ A$$

3. Penentuan *Time Dial*

Ketika terjadi gangguan di Bus PL159 sampai Bus GH68, rele CBO PL159 akan bekerja sebagai rele utama atau primer, dengan dipilih waktu operasi rele sebesar = 0,3 detik, untuk keamanan dari lonjakan arus inrush trafo. Berdasarkan persamaan (4) didapatkan nilai Time Delay (TD) 0,371 ~ 0,375.

Dilakukan perhitungan yang sama untuk kedua rele lainnya, dari hasil perhitungan yang dilakukan didapat setelan rele yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Parameter Rele Arus Lebih Metode Konvensional

ID Rele	Iset (A)	TD (detik)	Top (Detik)
R. INC Feeder	1818	0,325	0,7
R. CBO E146	315	0,785	0,5
R. CBO PL159	330	0,375	0,3

a. Setelan Rele Arus Lebih Metode Algortima kunang kunang

Tabel 5 merupakan Input yang dimasukkan dalam program algortima kunang kunang untuk mendapatkan setelan rele arus lebih.

Tabel 5. Data Jaringan dan Rele

No	Input	Parameter
1	Jumlah rele	3
2	Tegangan rele	[20 20 20] kV
3	kV Base rele	20 kV
4	FLA Setiap Rele	[300 300 1732]
5	Isc Max <i>Primer</i>	[5697 6741 13096]
6	Isc Max <i>Backup</i>	[Inf 5559 6741]
7	Primer CT	[300 350 2100] A
8	Target CTI	0.2 s
9	Waktu Target Minimum (T_{OP})	0.3 s
10	Waktu Target Maximum (T_{OP})	0.9 s
11	Pasangan Rele Utama dan Cadangan	[1 2;2 3]

Berdasarkan iterasi yang dilakukan, dengan batasan dan fungsi objektif yang pada d didapatkan parameter rele pada

Tabel 6 .Parameter Rele Arus Lebih Metode Algoritma Kunang-Kunang

ID Rele	Iset (A)	TD (detik)	Top (Detik)
R. <i>INC Feeder</i>	1827	0,150	0,327
R. CBO E146	315	0,650	0,420
R. CBO PL159	315	0,400	0,316

b. Perbandingan Setelan Rele Arus Lebih

Tabel 4 dan Tabel 6Parameter Rele Arus Lebih Metode Konvensional menunjukkan ada perbedaan nilai antara kedua metode yang digunakan pada metode algoritma firefly waktu TDS dan waktu operasi rele (Top) yang didapat lebih kecil atau lebih cepat dibandingkan dengan hasil perhitungan dengan metode konvensional, maka dengan menggunakan salah satu kecerdasan buatan yaitu algoritma firefly dapat mengoptimalkan waktu operasi rele menjadi lebih cepat dari metode sebelumnya. Selain kecepatan yang meningkat dengan menggunakan metode algoritma *firefly* dengan batasan yang tepat rele dapat memenuhi standar dengan waktu kinerja antar rele tetap memiliki *grading time* yang sudah ditentukan oleh IEEE 242-2001 yaitu sebesar 0,2 detik, sehingga tidak akan terjadi looping atau rele bekerja secara bersamaan ketika terjadi gangguan. Tetapi walaupun dengan menggunakan metode algoritma kunang kunang rele bisa bekerja dengan lebih cepat tetap perlu diperhatikan terkait batasan yang dimasukkan ke dalam program karena ketika batasannya tidak tepat rele tidak bisa bekerja sesuai setelan yang diinginkan.

c. Perbandingan Koordinasi Rele Arus Lebih

Berdasarkan simulasi hubung singkat yang dilakukan pada 4 titik (Bus PL159, Bus PL82, Bus PL83, Bus GH68) koordinasi antar rele utama dan rele

cadangan untuk metode konvensional dan metode algortima kunang kunang masih dalam standar aman untuk koordinasinya karena memiliki interval waktu */Current-Time interval* (CTI) $\geq 0,2$ detik. Sehingga rele utama ataupun rele cadangan dapat bekerja sesuai waktu operasi yang sudah ditentukan dan di areanya masing-masing pada saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa.

Tabel 7. Interval Waktu Operasi Rele Bantu dan Rele Utama

Letak Gangguan	Rele Pengaman	CTI Konvensional (Detik)	CTI Algortima kunang kunang (Detik)	
Bus PL159	Utama: R.CBO	0,326	0,211	
Bus PL82	PL159	0,342	0,222	
Bus PL83	Cadangan: R. CBO	0,355	0,231	
Bus GH68	E146	0,429	0,279	
Bus E146	Utama: R.CBO	1,072	0,273	
Bus PL93	E146	1,162	0,349	
Bus E146A	Cadangan: R. INC	1,302	0,389	
Bus PL106	Feeder	1,482	0,456	

Namun dengan menggunakan metode algortima kunang kunang koordinasi antara rele dapat dioptimalkan, dapat dilihat pada Tabel 7 nilai CTI ketika menggunakan metode algortima kunang kunang lebih kecil dibanding ketika menggunakan metode konvensional nilainya mendekati standar IEEE 242:2001 yaitu CTI 0,2. Selisih CTI yang ada pada tabel 9 menunjukkan

4. KESIMPULAN

Perbandingan waktu operasi rele arus lebih antara menggunakan metode konvensional dan metode kunang-kunang menunjukkan bahwa penggunaan metode kunang-kunang dapat mempercepat koordinasi rele arus lebih. Sehingga ketika terjadi gangguan rele dapat mengamankan penyulang beserta peralatan lebih cepat dibanding dengan menggunakan metode perhitungan secara manual. Koordinasi rele masih dapat bekerja dalam batasan CTI yang ditetapkan ($> 0,2$ detik), maka dengan menggunakan metode kunang-kunang koordinasi antar rele dapat dioptimalkan dengan waktu operasi yang lebih cepat dan batasan CTI.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Slowik, *Swarm Intelligent Algorithm A Tutorial*, vol. 1999, no. December. 2006.
- [2] M. Rifqiansyah, "Setting Koordinasi OCR & GFR Di Incoming Feeder, Outgoing Feeder Dan Gardu Distribusi E146 Penyulang Pantri Gardu Induk Cipinang" STT-PLN, 2019.
- [3] M. K. Huda, D. Irawan, R. P. Astutik, J. T. Elektro, F. Teknik, and U. M. Gresik, "Koordinasi Over Current Relay (OCR) Berbasis Algoritma Firefly di PT. Dayasa," J.

- POLEKTRO J. Power Elektron. Vol.11, No.1, 2022, vol. 11, no. 1, pp. 76–82, 2022, doi: p-ISSN: 2301-6949.
- [4] V. R. Mahindhara, M. Pujiantara, and A. Priyadi, “Optimasi Time Dial Setting (TDS) Relay Arus Lebih Menggunakan Adaptive Modified Firefly Algorithm Pada Sistem Kelistrikan PT. Pupuk Kalimantan Timur,” vol. 5, no. 2, 2015.
- [5] A. Tjahjono, D. O. Anggriawan, A. K. Faizin, A. Priyadi, M. Pujiantara, and M. H. Purnomo, “Optimal coordination of overcurrent relays in radial system with distributed generation using modified firefly algorithm,” *Int. J. Electr. Eng. Informatics*, vol. 7, no. 4, pp. 691–710, 2015, doi: 10.15676/ijeei.2015.7.4.12.
- [6] Areva, “MiCOM P120/P121/P122/P123 Overcurrent Relays,” p. 530, 2015.
- [7] Y. Dewi Puspita Ayu, “Koordinasi Adaptif DOCR Pada Sistem Transmisi Loop Multi Generator Menggunakan Modified Firefly Algorithm-Artificial Neural Network,” *J. Ilm.*, vol. 10, no. 2, pp. 1–13, 2016.
- [8] V. R. Mahindara, M. G. Istiqlal, M. Pujiantara, D. A. Asfani, A. Priyadi, and M. H. Purnomo, “Obtaining the Setting of Inverse-Curve Overcurrent Relay using Serial Computing Modified Particle Swarm Optimization in Real System Applications,” *Proceeding - 2018 Int. Semin. Intell. Technol. Its Appl. ISITIA 2018*, pp. 187–192, 2018, doi: 10.1109/ISITIA.2018.8710868.
- [9] IEEE, *IEEE 242 Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems*. 2001.