

Optimasi Koordinasi *Over Current Relay* Penyulang Klakah GI Lumajang Menggunakan Metode *Artificial Bee Colony*

Guido D. Kalandro¹, Argya Ananta², dan Bambang Sri Kaloko³
Teknik Elektro, Universitas Jember
guidokalandro89@unej.ac.id¹, kaloko@unej.ac.id³

Abstrak

Pentingnya keamanan sistem proteksi seperti Optimasi Koordinasi akan berpengaruh pada keandalan sistem keamanan pada sebuah sistem ketegalistrikan. Dengan menggunakan kecerdasan tiruan *Artificial Bee Colony* dinilai dapat mengoptimalkan waktu operasi membutuhkan kinerja waktu yang lebih cepat. Penelitian ini menggunakan Matlab sebagai software untuk melakukan pemrograman simulasi. Titik Zona untuk lokasi simulasi gangguan digunakan 5 zona proteksi persentase jarak pada 0%, 4%, 30%, 54%, 78% dan 100%. Didapat koordinasi pada zona 3 metode ABC dengan CTI 0.2197 s dan pada konvensional CTI 0.2779 s. Sedangkan rata-rata pengaruh waktu operasi dengan nilai TMS pada konvensional zona 1 adalah 0.1358 s dan pada ABC adalah 0.1381 s. Hasil ABC cukup efektif dalam selisih perbandingan waktu koordinasi untuk pengoptimalan sebagai penanganan gangguan sistem proteksi. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu dengan menggunakan optimasi *Artificial Bee Colony* Dimana memiliki menyelesaikan yang lebih sederhana dari pada metode kecerdasan koloni sebelumnya PSO (*Particle Swarm Optimization*) dan Optimasi Aliran Daya Optimal (OPF).

Kata Kunci — *Artificial Bee Colony, OCR, koordinasi.*

Abstract

The importance of security protection systems such as Coordination Optimization will affect the reliability of the security system to handle a disturbance. The use of *Artificial Bee Colony* intelligence is considered to be able to optimize operating time requiring faster time performance. This research uses Matlab as software to carry out simulation programming. Zone Points for fault simulation locations use 5 distance percentage protection zones at 0%, 4%, 30%, 54%, 78% and 100%. Coordination was obtained in zone 3 of the ABC method with a CTI of 0.2197 s and a conventional CTI of 0.2779 s. Meanwhile, the average influence of operating time with the TMS

value in conventional zone 1 is 0.1358 s and in ABC is 0.1381 s. The results of the ABC are quite effective in reducing the difference in coordination time for optimization to handle protection system disturbances. The difference between this research and previous research is that it uses *Artificial Bee Colony* optimization, which has a simpler solution than the previous colony intelligence methods PSO (*Particle Swarm Optimization*) and *Optimal Power Flow Optimization* (OPF).

Keywords — *Tulis kata kunci berurutan sesuai abjad.*

I. PENDAHULUAN

Pentingnya penyaluran tenaga listrik yang layak sangat dibutuhkan sebuah keandalan sistem sebagai keamanan sistem proteksinya. Gangguan yang perlu diperhatikan salah satunya terletak pada sistem proteksinya yang terjadi akibat aktifitas terus menerus seperti pada perusahaan penyedia listrik dengan sistem transmisi di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Lumajang. Rele proteksi yang digunakan yaitu *Over Current Relay* yang mempunyai fungsi ketika adanya hubung singkat untuk memutus jaringan berdasar dari arus input yang terbaca yang masuk ke dalam rele proteksi sebagai acuan arus lebih yang melebihi arus *setting* dari standar kerja rele yang telah ditentukan. Dengan menjaga kontinuitas penyaluran diberlakukannya sistem interkoneksi(Alstom,2011).

Peranan Sistem Proteksi dapat memberikan dukungan yang sangat perlu adanya selektif kepekaan sensitifitas untuk berjalannya kinerja distribusi tenaga listrik yang lebih handal. Penyebab gangguan yang sering terjadi akibat adanya faktor hubung singkat pada jaringan. Sehingga, gangguan saat hubung singkat di pengaruhi penurunan jangka kekuatan alat isolasi antara sesama fasa - fasa atau antara fasa terhadap tanah.

Kehandalan sistem proteksi sangat di prioritaskan dalam penanganan gangguan hubung singkat . Terciptanya kinerja tersebut akan tetap berjalan lebih handal dengan bagian sistem tenaga listrik yang tidak mengganggu kinerja kelistrikan lainnya. Hingga rele proteksi OCR bisa muncul



perannya untuk mengetahui secara cepat saat adanya tanda-tanda yang dapat memberikan tanda sinyal dengan merasakan gangguan yang terjadi untuk mengisolir gangguan yang dapat bekerja secara akurat dengan waktu yang singkat dan dapat meminimalkan kerugian yang terjadi.

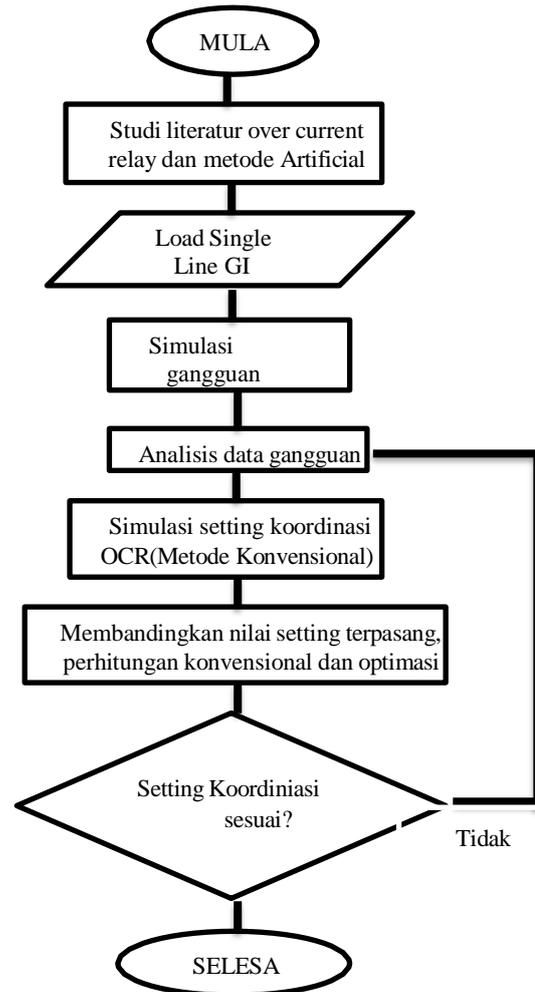
Kinerja yang lebih optimal dalam menentukan nilai setting OCR, pada penelitian ini menggunakan metode optimasi yaitu *Artificial Bee Colony* yang mempunyai algoritma memecahkan masalah. Metode *Artificial Bee Colony* ini sangat efisien digunakan untuk memperoleh hasil yang mendekati optimal dibandingkan algoritma swarm yang lain, dan juga dapat digunakan untuk menyelesaikan *discrete optimization problems* dengan persoalan kompleks yang terdapat banyak variable (KARJONO, 2015).

Dalam penelitian ini sebuah rele yang dipakai dalam penggunaan system proteksi kinerja adalah rele OCR (*Over Current Relay*) yang berbasis *artificial bee colony* untuk mengetahui perbedaan *setting* manual OCR dan dapat mengoptimalkannya proses *setting* rele dengan berbasis *artificial bee colony* sesuai acuan single line proteksi sistem kelistrikan PT. PLN (Persero) Gardu Induk Lumajang dalam menentukan proses *setting* rele gangguan arus lebih dibandingkan dengan beberapa optimasi seperti PSO (*Particle Swarm Optimization*) dan *Optimasi Aliran Daya Optimal (OPF)*.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini digunakan untuk menentukan nilai setting dari *Time Multiple Setting (TMS)* dari *Over Current Relay (OCR)* pada penyulang Klakah yang dapat diperoleh waktu koordinasi *Over Current Relay (OCR)* yang lebih optimum sesuai nilai standar. Metode penelitian ini berisi beberapa hal yang berkaitan, yaitu tempat pelaksanaan pada PT. PLN Gardu Induk Lumajang dengan waktu penelitian 2 tahun, kemudian apabila data sudah diperoleh kemudian data tersebut diolah dan dianalisis dengan pendekatan tiga optimasi yaitu *ABC*, *PSO* dan Konvensional. Kemudian dari ketiga optimasi ini ditentukan mana yang terbaik sesuai dengan nilai setting TMS dengan perangkat lunak yaitu ETAPS 12.6.0 dan MATLAB R2019b. Terakhir yaitu penulisan laporan berupa data dan pemodelan serta kesimpulan akhir dari sebuah penelitian.

Berikut diagram alir pada penelitian ini :



Gambar 1 Flowchart Metode ABC

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dapat diketahui mengenai pembahasan pada bab ini menjelaskan perbandingan dari penelitian sebelumnya yang menggunakan PSO. Yakni membandingkannya dengan penelitian ini yaitu metode *Artificial Bee Colony*. Perbedaannya terletak pada penggunaan recloser, yang mana penelitian ini tidak menggunakan recloser. Sedangkan penelitian sebelumnya yang menggunakan metode PSO menggunakan recloser.

1. Pemodelan Titik Zona Proteksi dari Panjang Penghantar

Pada penelitian ini menggunakan 5 zona proteksi yang terdapat pada penyulang Klakah yang memiliki panjang penghantar dari bus sebagai *segmen*. Dengan pemodelan Nilai Impedansi jaringan penyulang pada setiap zona di gunakan titik 0% dan 100% yang diketahui dari datang panjang jaringan sebagai jarak. Untuk zona proteksi pada penyulang Klakah sebagai panjang jaringan dapat

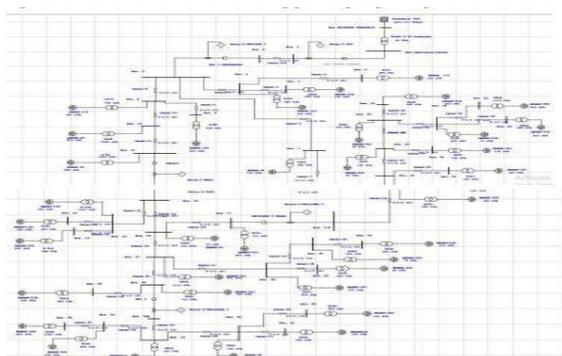
diketahui sesuai table berikut :

Tabel 1 Pemodelan panjang pengantar di zona proteksi

Titik Lokasi		Panjang Penghantar (ms)	Persentase Sebagai Jarak (%)
Zona 1	Bus 1	0	0
	Bus 3	8.029	4
Zona 2	Bus 3	8.029	4
	Bus 11	60.608	30
Zona 3	Bus 11	60.608	30
	Bus 32	108.145	54
Zona 4	Bus 17	108.145	54
	Bus 26	156.103	78
Zona 5	Bus 32	156.103	78
	Bus 38	199.000	100

Pada tabel 1 menunjukkan pada zona 1 memiliki panjang dari 0 ms sampai dengan rentang 8.029 ms dengan persentase jarak 0-4% dari panjang penyulang. Sehingga zona 2 menggunakan jarak 4-30%, zona 3 jarak 30-54%, zona 4 jarak 54-78%, dan zona 5 jarak 78-100%.

Sehingga dapat diketahui pemodelan dari single line sebagai simulasi hubung singkat pada ETAP di setiap titik zona proteksi sebagai berikut :



Gambar 2 Pemodelan Simulasi pada ETAP

Pada setiap zona proteksi *Over Current Relay* mendapat hasil simulasi berupa arus gangguan hubung singkat untuk menentukan parameter nilai *setting* pada setiap zona proteksi. Parameter masukan nilai dibuat agar simulasi menghasilkan nilai yang mendekati kondisi sebenarnya. Panjang penyulang berada di bus 1, bus 3, bus 11, bus 17, dan bus 32. Sehingga didapatkan nilai arus gangguan dari hasil simulasi seperti berikut:

Tabel 2 Arus Gangguan dari hasil simulasi

Titik Gangguan		Arus If 3 Fasa (A)
Zona 1 (0-4%)	Bus 1	10.355
	Bus 3	3.187
Zona 2 (4-30%)	Bus 3	3.187

Zona 3 (30-54%)	Bus 11	1.431
	Bus 17	1.341
	Bus 32	1.095
Zona 4 (54-78%)	Bus 17	1.341
	Bus 26	697
Zona 5 (78-100%)	Bus 32	1.095
	Bus 38	704

Dalam tabel 1 dibuktikan terdapat 10 bus yang menghasilkan arus hubung singkat. Dengan 5 zona titik didapatkan sebuah arus gangguan yang besarnya nilai arus gangguan dipengaruhi jarak antara lokasi gangguan tersebut. Titik zona lokasi yang mendekati sumber tegangan, maka nilai arus gangguan juga semakin besar. Dan nilai akan semakin kecil, ketika semakin panjangnya jaringan yang terhubung dilokasi titik paling ujung atau jauh. Dari hasil simulasi hubung singkat pada ETAP dapat diketahui sebagai berikut. Pada simulasi tersebut di setiap zona proteksi memperoleh arus hubung singkat terbesar pada lokasi gangguan jarak 0% dengan nilai 10355 A pada gangguan 3 fasa di zona 1. Dan zona 2, zona 3, zona 4, dan zona 5 didapatkan arus gangguan dengan nilai 3187 A, 1431 A, 1341 A, DAN 1095 A dari simulasi.

Tabel 3 Nilai Arus *pickup* (Ip) dan TMS di zona

Titik Lokasi	Arus pickup (A)	TMS
Zona 1	6	0,1358
Zona 2	4,5	0,0955
Zona 3	3	0,0519
Zona 4	3	0,0250
Zona 5	3	0,0220

Pada tabel 3 dapat diketahui nilai TMS mengalami penurunan yaitu pada zona 1 dan mempengaruhi sampai ujung jaringan zona 5. Sehingga nilai TMS dipengaruhi oleh besarnya arus gangguan terhadap jarak lokasi. Setiap zona proteksi memiliki selisih nilai TMS yang berbeda sebagai koordinasi sistem kerja rele agar saat terjadinya gangguan tidak trip bersamaan atau bahkan mendahului di zona atasnya.

Tabel 4 Data menggunakan metode konvensional dari Koordinasi

Letak Lokasi		Operasi Waktu Rele (t)	CTI (s)
Zona 1	Bus 1 (0%)	0,3001	-
	Bus 3 (100%)	0,4927	-
Zona 2	Bus 3 (0%)	0,2999	0,1928
	Bus 11 100%	0,4778	-
Zona 3	Bus 11 (0%)	0,1999	0,2779
	Bus 17 100%	0,2075	-
	Bus 32 100%	0,2357	-
Zona 4	Bus 17 (0%)	0,1000	0,1075
	Bus 26 100%	0,1642	-

Zona 5	Bus 32 (0%) Bus 38 100%	0,0999 0,1416	0,1358
--------	----------------------------	------------------	--------

Dapat diketahui dari hasil perhitungan konvensional mendapat sebuah nilai CTI dari letak lokasi setiap zona proteksi sesuai tabel 3 yang diperoleh dapat di analisis bahwa dari setiap zona proteksi mendapat nilai CTI yang berbeda-beda, dengan nilai koordinasi waktunya dibawah 0,2 detik yang di ketahui pada zona 1-5 atau nilai nya hanya menyampai 0,1 . Tetapi pada zona 2-3 mendapat nilai CTI yang berbeda jauh lebih besar yaitu 0,2779 sebagai *grading time* atau memenuhi standar. Artinya semua perbedaan terletak pada jarak lokasi gangguan beserta penanganan di setiap zonanya. Semakin kecil nilai arus gangguan yang diterima berpengaruh pada waktu yang semakin kecil waktu operasi rele. Dan nilai CTI didapat kecil akan mempengaruhi penanganan yang lama dari waktu operasinya.

2. Menentukan Parameter Awal Sebagai Inisialisai Metode ABC

Tabel 5 Inisialisasi dari Parameter *Artificial Bee Colony*

No.	Parameter	Keterangan
1	Iterasi	100
2	Populasi Lebah	10
3	Limit	3
4	Batas Bawah	0.01
5	Batas Atas	0.1397
6	Arus Gangguan	1095 A
7	Arus Pickup	480 A
8	Lamda	0.14
9	Gamma	0.02

```

Name: Value
ba (0.1397/0.1397)
bb (0.01/0.1397)
bestfitness 0.1397
fungsi @(x) (x)
limit 3
Np 10
T 100

function F = GetValue(x)
    h parameter;
    I1_arusgangguan = 11055;
    Ip_prime = 480;
    PBR = I1_arusgangguan/Ip_prime;
    lamda = 0.14;
    gama = 0.02;
    t = 0.3;
    x = [500 gama 1 t lamda];
    G = sigmoid(1:length(x));
    F = ((1/(x(1).^2) + sum(x(2:3).^2) - prod(x(4:5))) - x(4));
end
    
```

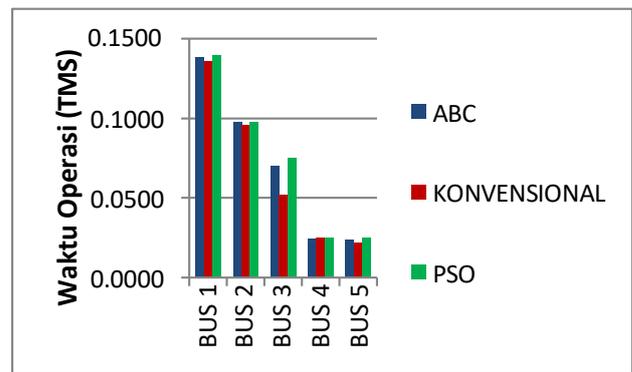
Gambar 3 Hasil TMS dari Metode *Artificial Bee Colony*

Dapat diketahui bahwa *bestfitness* digunakan sebagai fungsi keluaran output berupa TMS yang diperoleh dari program ABC. Dalam proses tersebut dilakukan pengecekan dengan menggunakan acuan CTI yang berkisar antara 0,3-0.4 s untuk menandakan nilai optimal.

3. Perbandingan Waktu Operasi pada Metode ABC , Konvensional dan PSO

Tabel 6 Perbandingan Waktu Operasi *Over Current Relay*

Zona	Waktu Operasi Metode ABC (TMS)	Waktu Operasi pada Konvensional (TMS)	Waktu Operasi Metode PSO (TMS)
Gangguan 3 Fasa			
Zona 1	0.1381 s	0.1358 s	0.1397 s
Zona 2	0.0976 s	0.0955 s	0.0978 s
Zona 3	0.0697 s	0.0519 s	0.0750 s
Zona 4	0.0244 s	0.0250 s	0.0250 s
Zona 5	0.0238 s	0.0220 s	0.0250 s



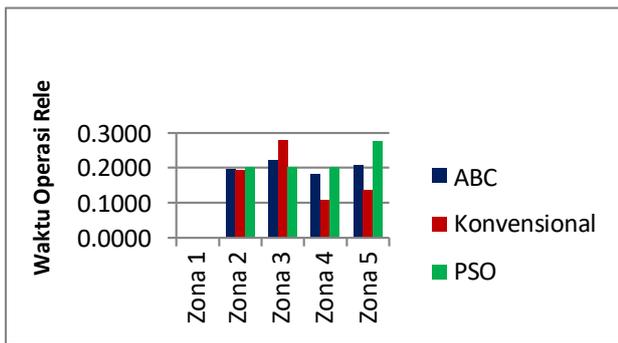
Gambar 4 Grafik Perbandingan Waktu Rele OCR

Sehingga dapat diketahui dari hasil grafik gambar 4 bahwa semakin jauh jarak dari lokasi gangguan yang terjadi , maka penanganan untuk proses melakukan tripping yang di lakukan oleh rele atau *Over Current Relay* akan membutuhkan waktu yang semakin lama. Artinya semakin jauh lokasi gangguan yang terjadi, maka besarnya arus gangguan yang di terima rele akan semakin kecil. Diketahui besar kecilnya arus gangguan sangat berpengaruh pada penanganan cepat atau lambatnya waktu operasi rele.

4. Perbandingan Hasil Koordinasi *Over Current Relay* metode ABC dengan Konvensional dan PSO

Tabel 7 Perbandingan CTI

Zona	Nilai CTI Metode ABC	Waktu CTI pada Konvensional	Nilai CTI Metode PSO
Gangguan 3 Fasa			
Zona 1	-	-	-
Zona 2	0.1948 s	0.1928 s	0.2000 s
Zona 3	0.2197 s	0.2779 s	0.2001 s
Zona 4	0.1812 s	0.1075 s	0.2000 s
Zona 5	0.2083 s	0.1358 s	0.2270 s



Gambar 5 Perbandingan Nilai CTI Metode ABC, Konvensional dan PSO

Dari hasil analisis data yang dibuktikan pada gambar grafik 5 diketahui semakin jauh jarak gangguan yang terjadi mendapatkan nilai arus yang semakin kecil dan nilai CTI akan meningkat. Maka, pengaruh koordinasi dalam parameter CTI berpengaruh pada besarnya arus yang diterima untuk proses deteksi yang lebih cepat ketika mendapat arus gangguan lebih besar. Koordinasi CTI dapat diketahui berdasarkan nilai *setting* TMS yang sudah didapatkan.

Dari setiap zona memiliki sensitivitas selisih yang berbeda, sensitivitas tersebut berpengaruh pada *setting* TMS untuk Koordinasi CTI. Pada setiap Koordinasi zona mempunyai ketetapan standar dengan selisih jeda 0.2 s sesuai standar IEEE 242-2001. Diketahui hanya pada zona 3 nilai CTI lebih bagus yaitu 0.2179 s dibandingkan metode konvensional nilai CTI 0.2779 s. Sehingga koordinasi berfungsi agar rele utama bekerja lebih dulu dan rele *backup* tidak terjadi overlap untuk mendahului rele utama. Dengan mendapatkan nilai waktu yang pas dan sesuai, akan mendapat koordinasi dalam kondisi yang optimal.

IV. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian serta analisa data yang telah dilakukan, maka dapat diambil sebuah kesimpulan sebagai berikut :

1. Perbandingan *TMS* antara metode konvensional lebih bagus dari pada metode *Artificial Bee Colony* yaitu dibuktikan pada gangguan 3 fasa pada metode konvensional zona 1 nilai 0.1358 s dan untuk metode ABC nilai 0.1381 s. Serta untuk zona 2 pada

konvensional 0.0995 s dan pada metode ABC adalah 0.0976 s. Hal ini berlaku juga pada zona 3,4 dan 5.

2. Nilai *CTI* Konvensional lebih bagus di dibandingkan metode ABC. Dari keempat zona yaitu zona 2, zona 3, zona 4 dan zona 5 metode ABC lebih baik dari pada metode konvensional dibuktikan pada zona 3 yaitu metode ABC dengan *CTI* 0.2197 s. Sedangkan metode konvensional *CTI* nya 0.2779 s. Dan untuk zona 2, zona 4 dan zona 5 didapatkan hasil yang lebih bagus pada metode konvensional.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, peneliti mempunyai saran untuk penelitian selanjutnya dengan harapan dapat memberikan hasil yang lebih maksimal yaitu :

1. Menambahkan metode atau software sebagai pembanding agar penelitian selanjutnya bias lebih baik.
2. Dapat menambah pengembangan wawasan untuk penelitian berkelanjutan dengan metode *Artificial Bee Colony*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Al-Kaabi M, & Al-Bahrani L. (2020). *Modified Artificial Bee Colony Optimization Technique with Different Objective Function of Constraints Optimal Power Flow*. Iraq : Mustansiriyah University.
2. Darmanto Agus,N & Handoko,S. (2006). Analisa Koordinasi OCR- Recloser Penyulang Kaliwungu. Semarang: Universitas Diponegoro.
3. Aziz,A, & Febrianti Kartika,I. (2019). Analisis Sistem Proteksi Arus Lebih Pada Penyulang Cendana Gardu Induk Bungaran Palembang. *Jurnal Ampere*. Palembang : Universitas PGRI Palembang.
4. Kurniawan Rizki, M , Hermawan & Winardi,B. (2015). Setting dan Koordinasi DOCR (*Directional Over Current Relay*) pada Jaringan Tranmisi 150 Kv UPT Semarang Menggunakan Metode PSO (*Particle Swarm Optimization*). Semarang: Universitas Diponegoro.
5. KARABOGA, D. 2005. *An Idea Based On Honey Bee Swarm For Numerical Optimization*. *TECHNICAL REPORT-TRO6*.
6. Setyaningrum, Y., Prasetyono, S., & Setiawan, A. (2020). Optimasi Koordinasi *Over Current Relay* pada Trafo 60 MVA 150/20/Kv dan Penyulang Gumul Gardu Induk Banaran Berbasis Particle Swarm Optimization. *Jurnal Arus Elektro Indonesia (JAEI)*.
7. Prajabti, Bhagat, S. (2012). *Multi-Objective Reactive Power Optimization Using Artificial Bee Colony Algorithm*. *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT) Volume 2, Issue 1*.
8. Robandi, I. (2019). *Artificial Intelegence – Mengupas*

Rekayasa Kecerdasan Tiruan. Yogyakarta: ANDI.

9. Ibrahim Mohammed, A, Ibrahim Waseem, Kh., & Hamoodi Ali, N. (2020). *Design and Implementation of Overcurrent Relay to Protect the Transmission Line*. Mosul: Northern Technical University.
Uthitsunthorn, D., Pao-la-or, P., & Kulworawanichpong, T. (2012). Application of Artificial Bees Colony Algorithm for Optimal Overcurrent Relay Coordinations Problem. *ECTI TRANSACTIONS ON ELECTRICAL WNG., ELECTRONICS, AND COMMUNICATIONS*.
10. Yanuwirawan, E., Pujiantara, M., & Wahyudi, R. (2015). Studi Koordinasi Proteksi Rele Arus Lebih dan Ground Fault Pada Sistem Eksisting PT.VICO. *JURNAL TEKNIK ITS*.
11. Cahyono, W. (2023). Optimasi Setting Over Current Relay (OCR) Outgoing Dan Recloser pada Jaringan Radial Penyulang Klakah 20Kv GI Lumajang Berbasis Particle Swarm Optimization. Jember.
12. U.Uma, U. & Onwuka, I.K. (2014). Overcurrent Relay Setting Model for Effective Substaion Relay Coordination. Nigeria: University Umudike.
13. Grainger, J., & Stevenson, J. W. (1994). *Power System Analysis*.
14. Wardani Sartika, S, & Subali. (2015) Koordinasi Setting Relai Arus Lebih pada *Incoming* 2 Kudus Terhadap *Outgoing* Kudus 5 dan 6 Yang Menggunakan Jaringan Double Circuit DI GI 150Kv Kudus. Semarang :Universitas Diponegoro.
15. Drs. F.J. Tasiyam, M. (2017). Proteksi Sistem Tenaga Listrik. Yogyakarta:Teknosain.

