

KOORDINASI OPTIMAL *DIRECTIONAL OVERCURRENT RELAY* DENGAN *CUCKOO SEARCH ALGORITHM* PADA SISTEM DISTRIBUSI MESH

Zsa Zsa Septina Atsil¹, Zulfatman*², Diding Suhardi³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang

Zsa Zsa Septina Atsil: zsasaseptina@gmail.com

Abstract-Mesh distribution system IEEE 8 bus is one of the important parts from electric power system that used to distribute the electricity to a group of loads and consumer, the general problem in distribution system is disturbances in the protection system that requires protection system coordination. Selection of Directional Overcurrent Relay (DOCR) in this distribution network is very suitable because it can work in two directions. The purpose of this study is to find the value of DOCR coordination by optimizing the Time Dial Setting (TDS) and Pickup parameters using Cuckoo Search Algorithm (CSA). The results from CSA method will be entered into DOCR setting to find out the coordination in mesh distribution network. TDS value from CSA method is 2,438 seconds rather than manual calculations of 6,134 seconds on the distribution network with DG. This proves that CSA method is able to used in optimizing the TDS value and the coordination between the primary relay and the relay backup in this mesh distribution network has been going well.

Keywords: Cuckoo Search Algorithm, Time Dial Setting, Directional Overcurrent Relay, Protection System, and Mesh Distribution System

Abstrak-Sistem distribusi mesh IEEE 8 bus merupakan salah satu bagian penting dalam sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan listrik kepada kelompok beban atau konsumen, dimana permasalahan umum yang ada pada sistem distribusi tersebut adanya gangguan di sistem proteksi yang dapat dihindari dengan adanya koordinasi sistem proteksi yang baik. Pemilihan Directional Over Current Relay (DOCR) pada jaringan distribusi ini sangat cocok karena dapat bekerja 2 arah. Tujuan dari studi ini adalah mencari nilai koordinasi DOCR dengan mengoptimalkan parameter Time Dial Setting (TDS) dan Pickup menggunakan metode Cuckoo Search Algorithm (CSA). Hasil yang didapatkan dari metode CSA akan dimasukkan ke dalam setting DOCR untuk mengetahui koordinasi pada jaringan distribusi mesh. Nilai TDS yang didapatkan dengan menggunakan metode CSA yaitu sebesar 2,438 detik daripada perhitungan manual sebesar 6,134 detik pada jaringan distribusi dengan DG. Hal ini membuktikan bahwa metode CSA mampu digunakan dalam mengoptimalkan nilai TDS serta koordinasi antara rele primer dan rele backup yang didapatkan pada jaringan distribusi mesh ini telah berjalan dengan baik.

Kata kunci: Cuckoo Search Algorithm, Time Dial Setting, Directional Overcurrent Relay, Sistem Proteksi, dan Sistem Distribusi Mesh

I. PENDAHULUAN

Sistem distribusi merupakan salah satu bagian penting dalam sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan listrik kepada kelompok beban atau konsumen. Sistem distribusi mempunyai beberapa jenis tipe jaringan, salah satunya adalah sistem distribusi tipe mesh yang dapat disuplai dari 2 sumber atau lebih. Permasalahan yang umum terjadi pada sistem distribusi salah satunya adalah gangguan pada sistem proteksi. Gangguan pada sistem proteksi tersebut dapat dihindari jika sistem proteksi memiliki koordinasi yang baik [1]. Karena sistem distribusi tipe mesh merupakan jaringan distribusi yang lebih kompleks daripada jaringan distribusi radial dan ring. Sehingga penentuan koordinasi sistem proteksi pada jaringan distribusi mesh merupakan tantangan tersendiri.

Dengan banyaknya peralatan dan pembangkit yang terhubung satu sama lain, maka terdapat kesulitan dalam menentukan model koordinasi rele primer dan rele backup secara tepat. Pada studi terkait koordinasi proteksi, perlu dilakukan pemilihan time operation antara rele primer dan backup. Time operation relay antara rele primer dan backup yang dibutuhkan secepat mungkin dengan memperhitungkan parameter Coordination Time Interval (CTI) [2].

Pada jaringan distribusi tipe mesh, dengan standar IEEE 8 bus, adanya penambahan Distributed Generator (DG) pada jaringan distribusi tersebut akan menambah tingkat kesulitan dalam melakukan koordinasi proteksi. Hal ini dikarenakan DG memberikan kontribusi arus yang tidak sama antara on dan off [3]. Pemilihan rele yang tepat pada jaringan distribusi tersebut juga berpengaruh pada keberhasilan koordinasi proteksi pada sistem distribusi mesh. Maka dari itu, diperlukan rele untuk melakukan koordinasi sistem proteksi pada sistem distribusi mesh yaitu Directional Over Current Relay (DOCR).

DOCR merupakan salah satu proteksi yang sesuai digunakan untuk jaringan distribusi tipe mesh. DOCR memiliki dua pengaturan, yaitu pengaturan terhadap arus lebih dan elemen arah, dimana DOCR mempunyai dua elemen arah yaitu forward dan reverse, sehingga dapat mendeteksi arus lebih yang datang dari berbagai arah [4]. Time Dial Setting (TDS) dan Pickup merupakan parameter pengaman DOCR, dimana kedua parameter tersebut berfungsi untuk mengamankan kedua beban secara selektif serta digunakan

untuk menentukan waktu operasi minimal DOCR. Oleh karena itu, untuk menghindari kemungkinan rele *trip* secara bersamaan dalam suatu koordinasi, maka nilai TDS dan *Ipickup* perlu dioptimalkan.

Pada penelitian ini penulis menggunakan algoritma CSA pada jaringan distribusi yang lebih kompleks atau rumit yaitu jaringan distribusi *mesh* untuk mengoptimalkan parameter TDS. Algoritma CSA merupakan salah satu algoritma pengambil keputusan yang cara kerjanya terinspirasi oleh tingkah laku spesies burung cuckoo. Algoritma CSA akan digunakan untuk mengoptimalkan nilai TDS dan *Ipickup* pada rele *primer* dan *backup*. Alasan penulis menggunakan algoritma ini sebagai penyelesaian koordinasi DOCR, karena performa pencarian nilai pada CSA diharapkan menghasilkan nilai yang lebih bagus karena CSA melakukan evaluasi nilai sebanyak 2 kali sehingga akan didapatkan nilai yang lebih optimal untuk koordinasi DOCR dibandingkan dengan menggunakan perhitungan konvensional. Selain itu, CSA memiliki keunggulan pada *random step* nya yaitu menggunakan *Levy Flights*, dimana *Levy Flights* tersebut merupakan cara pencarian nilai optimal dalam waktu yang lebih pendek [5].

II. METODE PENELITIAN

Perancangan ini bertujuan untuk mencari *setting* koordinasi DOCR menggunakan *software* ETAP 12.6.0 dengan mengoptimalkan parameter TDS dengan algoritma CSA menggunakan *software* MATLAB R2014a. Untuk memudahkan dalam pemahaman sistem koordinasi DOCR secara rinci dapat diuraikan sebagai berikut :

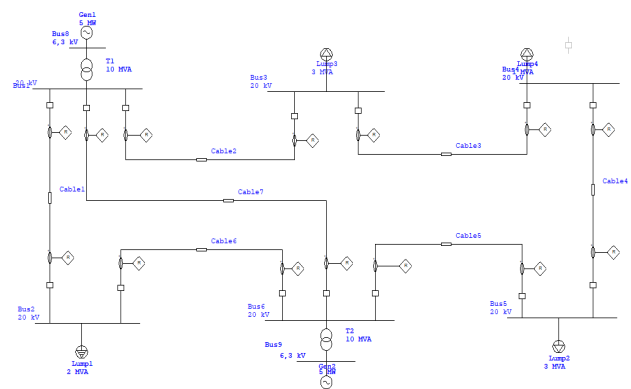
A. 3.1 Perancangan Sistem

Data penelitian ini menggunakan data sistem distribusi tipe *mesh* IEEE 8 bus yang memiliki 2 generator dengan kapasitas yang sama dan memiliki 1 DG. Sistem distribusi tersebut memiliki 2 buah trafo serta beban-beban yang terpasang pada sistem distribusi *mesh* tersebut. Data penelitian tersebut berisi pengambilan data arus hubung singkat dan data FLA. Pada penelitian koordinasi DOCR ini meliputi 2 kondisi pengujian yaitu:

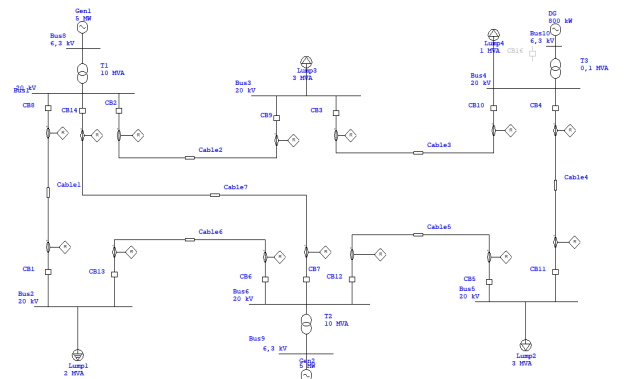
1. Koordinasi DOCR distribusi *mesh* IEEE 8 bus tanpa DG.
2. Koordinasi DOCR distribusi *mesh* IEEE 8 bus dengan DG.

Tabel 2. Data Pembangkit Sistem Distribusi Mesh IEEE 8 bus

No	ID unit	Rating Daya (MW)	Tegangan (Kv)	Power Factor
1	Gen1	5	6,3	85
2	Gen2	5	6,3	85
3	DG	800	6,3	85



Gambar 2. Single Line Diagram Sistem Distribusi IEEE 8 bus tanpa DG



Gambar 3. Single Line Diagram Sistem Distribusi IEEE 8 bus dengan DG

Selain itu, pada penelitian ini adanya pasangan rele primer dan backup yang perlu di setting arahnya agar tidak terjadi kesalahan koordinasi. Arah dari rele primer dan backup itu sendiri yaitu, searah jarum jam (clock wise) yang ditentukan arah forward dan berlawanan arah jarum jam (counter clock wise) yang ditentukan oleh arah reverse. Adapun pasangan rele primer dan backup dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Pasangan Rele Primer dan Rele Backup

No	Forward (CW)		No	Reverse (CCW)	
	Rele Primer	Rele Backup		Rele Primer	Rele Backup
1	8	13	9	14	3
2	13	12	10	2	3
3	13	7	11	1	3
4	8	7	12	3	4
5	10	9	13	4	5
6	11	10	14	5	6
7	12	11	15	6	1
8	7	11			

B. 3.2. Cuckoo Search Algorithm (CSA)

Adapun langkah-langkah dalam pengoptimalan parameter TDS dan *Ipickup* dalam sistem koordinasi DOCR menggunakan algoritma CSA dijelaskan dalam bentuk *flowchart* yang terdapat pada Gambar 5 :

1

Gambar 4. Flowchart Algoritma CSA

Dari *flowchart* tersebut, dapat diketahui bahwa langkah pertama dalam optimasi menggunakan algoritma CSA yaitu memasukkan input parameter DOCR seperti *Isc max*, FLA, dan jumlah rele. Langkah kedua yaitu melakukan inisialisasi populasi dimana $n = 20$ dan *Max iteration*=100. Langkah ketiga yaitu dengan membangkitkan nilai TDS dengan melihat batasan-batasan pada nilai TDS. Pembangkitan nilai TDS tersebut dilakukan secara *random* menggunakan persamaan *Levy Flight* :

$$X^{t+1} = X^t + \alpha L(s, \lambda) \quad (1)$$

Dimana:

$$L(s, \lambda) = \lambda \Gamma(\lambda) \sin(\lambda \pi / 2) / \pi s^{1+\lambda} \quad (2)$$

Langkah keempat yaitu mencari nilai TDS yang baru secara *random* dengan menggunakan persamaan (2). Langkah kelima yaitu melakukan evaluasi *fitness* dengan fungsi objektif yang dapat dilihat pada persamaan

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^m W_i T_i K \quad (3)$$

Dimana *Tik* adalah waktu operasi pada rele primer pada *fault* yang ada di zona *k*, sedangkan *Wi* adalah bobot pada waktu operasi rele. *W* diasumsikan = 1. Langkah kelima yaitu membandingkan hasil pada iterasi *i* dengan hasil pada iterasi *j*. Jika $F_i < F_j$ maka hasil dari iterasi *j* akan menggantikan hasil yang ada pada iterasi *i*. Ketika *max iteration* telah terpenuhi, maka hal selanjutnya yang harus dilakukan adalah melepas *Pa* berdasarkan parameter $P_a = 0,25$. Hal ini dilakukan untuk melepas solusi terburuk dari hasil evaluasi dan membuat solusi baru yang terbaik.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perhitungan Koordinasi DOCR Secara Konvensional

Hasil perhitungan koordinasi DOCR yaitu berupa TDS dan *Ipickup* yang dihasilkan dari perhitungan konvensional dengan menggunakan rumus-rumus yang ada. Perhitungan ini dilakukan pada tiap rele yang memiliki spesifikasi dan arah yang berbeda. Perhitungan tersebut dapat dijelaskan dalam uraian berikut ini:

1) Rele 7 (Forward)

- Manufacturer : ALSTOM
- Model : P343
- Kurva Type : Standart Inverse
- Isc : 721 A
- FLA : 12,2 A
- CT Rasio : 200/1

• Low Set Current Setting

$$1,05 \times \text{FLA} \leq \text{Iset} \leq 1,4 \times \text{FLA}$$

$$1,05 \times 12,2 \leq \text{Iset} \leq 1,4 \times 12,2$$

$$12,81 \leq \text{Iset} \leq 17,08$$

Dipilih Iset = 12,81, $\text{Ipickup} = \frac{\text{Iset}}{\text{CT Ratio}} = \frac{12,81}{100} = 0,1281$ A

• Time Dial Setting

$$\text{TDS} = \frac{\text{top} \times \beta \times \left[\left(\frac{\text{Isc}}{\text{Iset}} \right)^\alpha - 1 \right]}{k}$$

$$= \frac{0,8 \times 2,97 \times \left[\left(\frac{721}{12,81} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} = 0,492 \text{ s}$$

Perhitungan ini dilakukan pada masing-masing rele lainnya yang memiliki tipe arah rele *forward*. Perhitungan ini dilakukan untuk mendapatkan hasil *Ipickup* dan TDS dengan menggunakan cara yang sama seperti rumus-rumus diatas.

2) Rele 3 (reverse)

- Isc : 221 A
- FLA : 22 A
- CT Rasio : 100/1

• Low Set Current Setting

$$1,05 \times \text{FLA} \leq \text{Iset} \leq 1,4 \times \text{FLA}$$

$$1,05 \times 22 \leq \text{Iset} \leq 1,4 \times 22$$

$$23,1 \leq \text{Iset} \leq 30,8$$

Dipilih Iset = 23,1
 $\text{Ipickup} = \frac{\text{Iset}}{\text{CT Ratio}} = \frac{23,1}{100} = 0,231$ A

• Time Dial Setting

$$\text{TDS} = \frac{\text{top} \times \beta \times \left[\left(\frac{\text{Isc}}{\text{Iset}} \right)^\alpha - 1 \right]}{k} = \frac{0,2 \times 2,97 \times \left[\left(\frac{221}{23,1} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} = 0,196 \text{ s}$$

Perhitungan ini dilakukan pada masing-masing rele lainnya yang memiliki tipe arah rele *reverse*. Perhitungan ini dilakukan untuk mendapatkan hasil *Ipickup* dan TDS dengan menggunakan cara yang sama seperti rumus-rumus diatas.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Nilai TDS dan *Ipickup* tanpa DG

rele	Iset	TDS	Ipickup
1	36,33	0,958	0,182
2	112,14	0,068	0,561
3	24,045	0,243	0,24
4	7,98	0,468	0,079
5	98,91	0,484	0,495
6	26,46	0,663	0,132
7	12,915	0,531	0,065
8	36,33	0,114	0,182
9	112,14	0,521	0,561
10	24,045	0,857	0,24
11	7,98	0,742	0,071
12	98,91	0,156	0,495

13	26,46	0,307	0,132
14	12,915	0,172	0,065

Tabel 5. Hasil Perhitungan Nilai TDS dan *Ipickup* dengan DG

rele	Iset	TDS	Ipickup
1	36,225	0,62	0,181
2	111,09	0,07	0,555
3	23,1	0,196	0,231
4	7,035	0,478	0,07
5	97,965	0,365	0,49
6	26,46	0,588	0,132
7	12,81	0,534	0,064
8	36,225	0,079	0,181
9	111,09	0,524	0,555
10	23,1	0,866	0,231
11	7,035	0,775	0,07
12	97,965	0,214	0,49
13	26,46	0,309	0,132
14	12,81	0,173	0,064

B. Koordinasi DOCR dengan Menggunakan Algoritma CSA

Algoritma CSA digunakan untuk mengoptimalkan nilai TDS dan *Ipickup* pada masing-masing rele yang terdapat pada sistem distribusi IEEE 8 bus. Pada penelitian ini, data-data yang menjadi parameter pada algoritma CSA yaitu, nilai rasio CT, *Isc*, dan *Ifla*. Dalam algoritma CSA juga terdapat parameter-parameter CSA yang digunakan untuk menjalankan program. Parameter-parameter tersebut antara lain yaitu *Maximum Generation* = 100; Nilai populasi = 20; *Lb* = 0,1; *Ub* = 1; Jumlah variable = 1.

Tabel 6. Perbandingan hasil optimasi koordinasi DOCR tanpa DG

Rele	TDS manual	TDS CSA	Iset	Ipickup CSA	Ipickup manual
1	0,958	0,595	36,737	0,182	0,182
2	0,068	0,023	113,31	0,561	0,561
3	0,243	0,198	24,314	0,24	0,24
4	0,468	0,229	8,069	0,079	0,079
5	0,484	0,229	100,02	0,495	0,495
6	0,663	0,3	26,756	0,132	0,132
7	0,531	0,33	13,051	0,065	0,065
8	0,114	0,1	36,737	0,182	0,182
9	0,521	0,4	113,31	0,561	0,561
10	0,857	0,6	24,314	0,24	0,24
11	0,742	0,455	8,061	0,071	0,071
12	0,156	0,12	100,02	0,495	0,495
13	0,307	0,215	26,756	0,132	0,132

14	0,172	0,16	13,051	0,065	0,065
Total	6,284	3,954	644,506	3,5	3,5

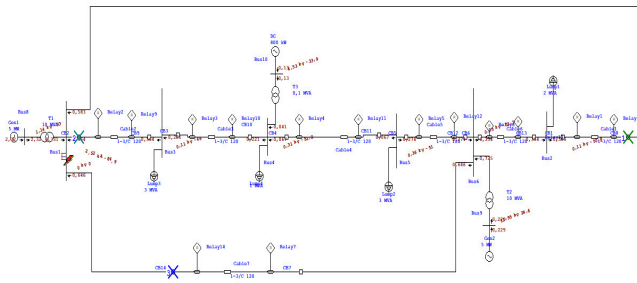
Tabel 7. Perbandingan hasil optimasi koordinasi DOCR dengan DG

Rele	TDS manual	TDS CSA	Iset	Ipickup CSA	Ipickup manual
1	0,62	0,48	36,631	0,181	0,181
2	0,07	0,063	112,33	0,555	0,555
3	0,196	0,175	23,359	0,231	0,231
4	0,478	0,354	7,114	0,07	0,07
5	0,365	0,22	99,062	0,49	0,49
6	0,588	0,409	26,756	0,132	0,132
7	0,534	0,422	12,953	0,064	0,064
8	0,079	0,066	36,631	0,181	0,181
9	0,524	0,33	112,33	0,555	0,555
10	0,866	0,55	23,359	0,231	0,231
11	0,775	0,66	7,114	0,07	0,07
12	0,214	0,182	99,062	0,49	0,49
13	0,309	0,252	26,756	0,132	0,132
14	0,173	0,152	12,954	0,064	0,064
Total	5,791	4,315	636,411	3,446	3,446

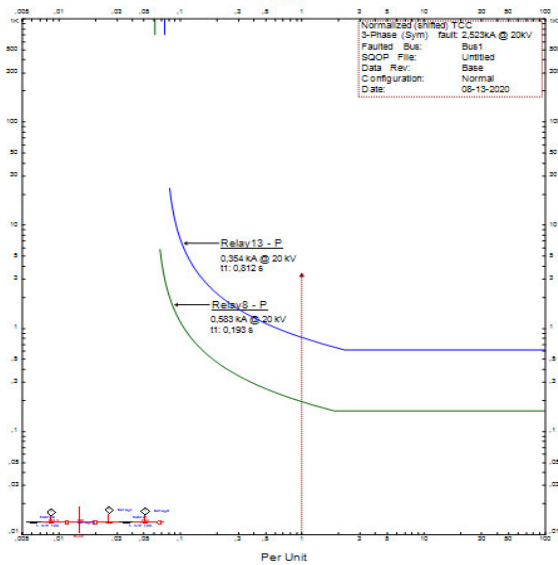
Maximum generation disini adalah banyak iterasi yang digunakan dalam melakukan perhitungan dengan menggunakan algoritma CSA. Iterasi yang dipakai, akan menentukan seberapa akurat perhitungan pada algoritma CSA. Selain itu, *Lb* dan *Ub* merupakan *lower bound* dan *upper bound* pada algoritma yang dipresentasikan sebagai *TDSmin* dan *TDSmax*. Sedangkan jumlah variabel mempresentasikan jumlah *output* yang akan keluar pada perhitungan menggunakan algoritma CSA, dimana pada penelitian ini variabelnya adalah rele. Adapun perbandingan dari hasil optimasi koordinasi DOCR tanpa DG dan dengan DG menggunakan algoritma CSA dapat diuraikan pada Tabel 6 dan Tabel 7.

C. Simulasi Hasil Algoritma CSA Menggunakan ETAP 12.6.0

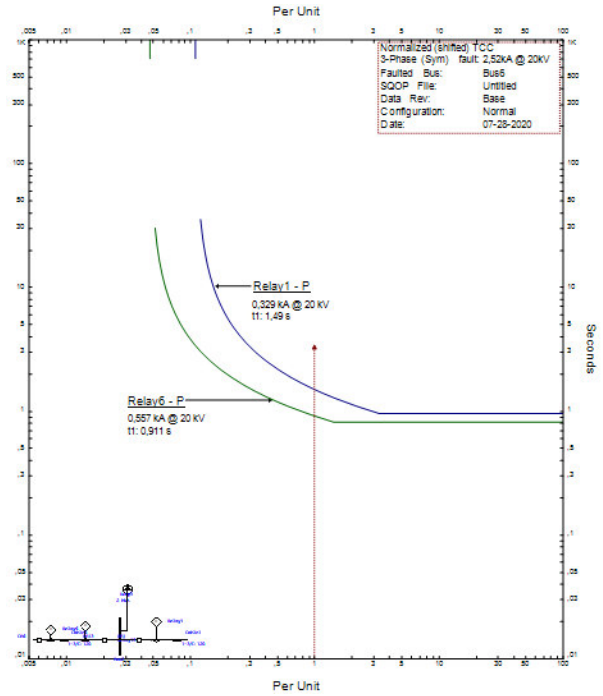
Langkah terakhir dari penelitian ini yaitu memasukkan nilai-nilai TDS dan *Ipickup* kedalam setting DOCR pada *software* ETAP 12.6.0 dan melakukan simulasi koordinasi DOCR untuk mengetahui kinerja masing-masing rele pada suatu bus yang diberi gangguan. Margin time kerja dari rele dapat dilihat melalui grafik TCC yang dihasilkan dari simulasi menggunakan *software* ETAP 12.6.0.



Gambar 5. Gangguan pada bus 1 saat keadaan dengan DG

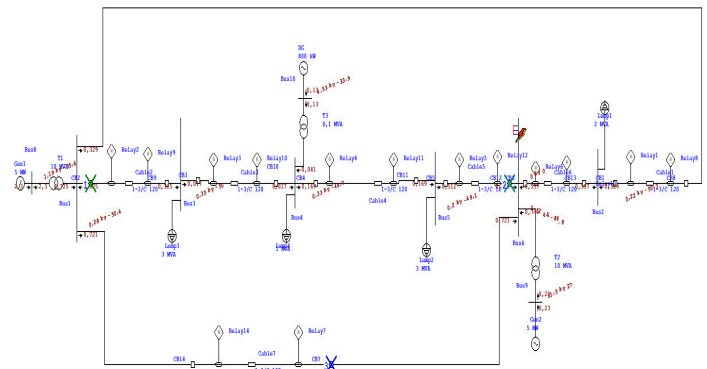


Gambar 6. Kurva TCC pada bus 1 hasil perhitungan manual

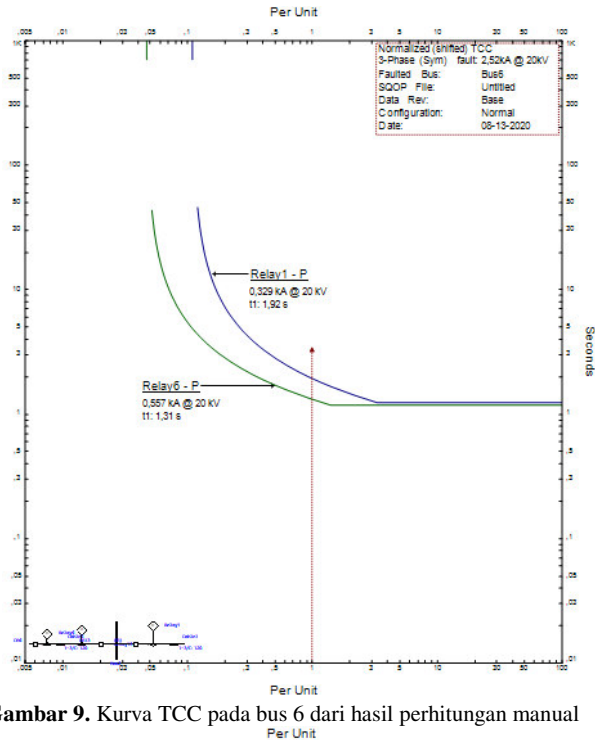


Gambar 7. Kurva TCC pada bus 1 hasil optimasi algoritma CSA

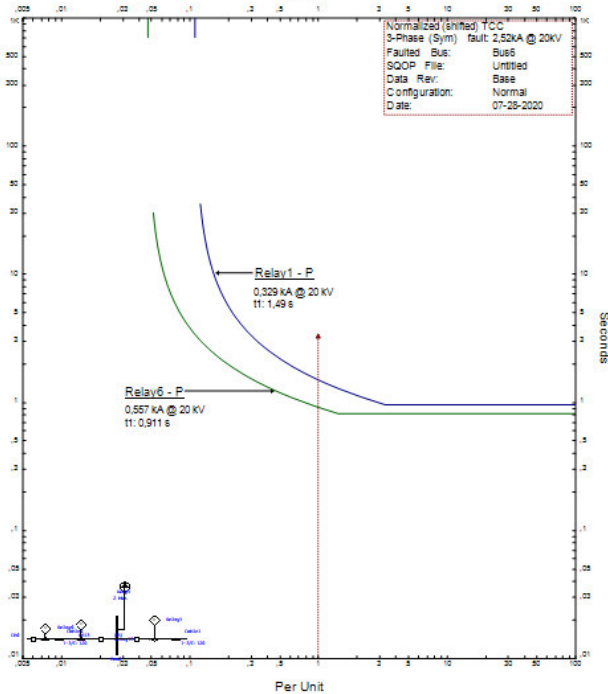
Pada Gambar 6 dan 7 adalah kondisi rele 8 dan 13 yang merupakan rele *forward*. Dapat diketahui pada Gambar 6 rele 8 yang merupakan rele *primer* trip pada waktu 0,193 s dengan arus 0,583 Ka, dimana rele *backup* pada rele 8 tersebut adalah rele 13, yang trip pada waktu 0,812 s. Sedangkan untuk Gambar 7, menunjukkan bahwa *margin time* pada antara rele 8 dan 13 sebesar 0,5 s. Dari gambar-gambar tersebut, dapat diketahui bahwa koordinasi rele sudah berjalan dengan baik karena yang bekerja lebih dulu adalah rele 8 sebagai *primer*.



Gambar 8. Gangguan pada bus 6 saat keadaan dengan DG



Gambar 9. Kurva TCC pada bus 6 dari hasil perhitungan manual



Gambar 10. Kurva TCC pada bus 6 dari hasil optimasi algoritma CSA

Pengujian ini dilakukan dengan melakukan simulasi hubung singkat dengan memberikan *fault* pada bus 6 dalam keadaan DG *on*. Gambar 9 dan 10 yaitu kondisi rele 6 dan

rele 1 yang merupakan rele *reverse*. Dapat diketahui pada Gambar 9, rele 6 yang merupakan rele *primer* trip pada waktu 1,31 s dengan arus 0,567 Ka dimana rele *backup* pada rele 6 tersebut adalah rele 1, yang trip pada waktu 1,92 s. Sedangkan untuk Gambar 9, menunjukkan bahwa *margin time* pada antara rele 6 dan 1 sebesar 0,579 s.

IV. KESIMPULAN

Optimalisasi nilai setting DOCR menggunakan algoritma CSA pada jaringan distribusi *mesh* IEEE 8 bus telah berhasil dilakukan. Hal ini dapat diketahui dari hasil pengujian dalam pengoptimalan nilai TDS dan *Ipickup* untuk mendapatkan nilai terbaik dalam *setting* DOCR menggunakan algoritma CSA yaitu sebesar 3,954 s pada kondisi tanpa DG, nilai ini lebih cepat dibandingkan dengan perhitungan konvensional sebesar 6,284 detik. Hasil pada kondisi dengan DG = 4,315 detik, nilai ini lebih cepat dibandingkan dengan perhitungan konvensional sebesar 5,791 detik. Sedangkan nilai *Ipickup* hampir tidak memiliki perbedaan dari perbandingan perhitungan konvensional dan perhitungan menggunakan algoritma. Selain itu, simulasi koordinasi DOCR yang dilakukan oleh *software* ETAP 12.6.0 dari hasil perhitungan dengan algoritma CSA menunjukkan koordinasi DOCR mampu bekerja dengan baik berdasarkan 2 arah yaitu *forward* dan *reverse* pada jaringan distribusi *mesh* IEEE 8 bus dengan DG.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suhardi, Diding. (2018). Pengaman Sistem Tenaga Listrik, Buku Kuliah 2018. UMM Press 2018
- [2] Purwanto W.H, E. (2015). Evaluation of Distributed Generation (DG) Impacts On Protection For Distributed System Used The Protection For Distributed System Used The Protection Coordination Index (PCI) in PT Pertamina RU V Balikpapan. 1. ITS.
- [3] Descara Putra, A. (2016). *Optimisasi Koordinasi Directional Over Current Relay (DOCR) pada Sistem Distribusi Mesh Menggunakan Modified Adaptive Particle Swarm Optimization (MAPSO) dengan Pembangkit Tersebar*. Surabaya: ITS.
- [4] Triyadiputra, A. (2012). Optimasi Kinerja Rele Arus Lebih Berarah Pada Sistem Pembangkitan Terdistribusi Menggunakan Algoritma Genetika.
- [5] Khairul Hakimi, M. (2016). *Optimisasi Koordinasi Proteksi Rele Arah Arus Lebih Pada Sistem Distribusi Mesh Dengan Pembangkit Tersebar Menggunakan Algoritma Genetika*. Surabaya: ITS.