

OPTIMASI PENEMPATAN *RECLOSER* PADA PENYULANG OLAK ALEN UNTUK MENINGKATKAN KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI MENGGUNAKAN ALGORITMA *DIFFERENTIAL EVOLUTION*

Ilham Pakaya^{1*}, Azfar Waris Basolle², Zulfatman Zulfatman³

¹²³Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Malang
Jl. Raya Tlogomas No. 246, Malang, Indonesia 65144

*) E-mail: ilham@umm.ac.id

Abstrak

Gangguan berulang pada jaringan distribusi energi listrik sangat mempengaruhi keandalan sistem distribusi. Upaya memperkecil daerah yang terdampak dapat dilakukan dengan memisahkan daerah yang terganggu menggunakan pemangam yang disebut *recloser*. Tujuan makalah ini adalah meningkatkan keandalan sistem distribusi tenaga listrik dengan melakukan pemasangan *recloser* pada jaringan distribusi. Studi dilakukan pada penyulang Olak Alen yang memiliki 2 buah *recloser* yang terpasang pada bus 5 dan 6. Berdasarkan data pada tahun 2019 keduanya memiliki indeks keandalan SAIDI 6,0544 jam/tahun dan SAIFI sebesar 1,8724 gangguan/tahun. Penempatan *recloser* dioptimalkan menggunakan algoritma *differential evolution* (DE) untuk memperbaiki indeks keandalan sistem distribusi. Pengujian dilakukan untuk mencari posisi terbaik untuk 2 dan 3 buah *recloser*. Dari pengujian diperoleh bahwa untuk penempatan 2 buah *recloser* didapatkan posisi terbaik adalah pada bus 5 dan 13, dengan indeks keandalan SAIDI 4,5461 jam/tahun dan SAIFI 1,3904 gangguan/tahun. Sementara, untuk penempatan 3 buah *recloser* didapatkan posisi terbaik adalah pada bus 8, 13 dan 21 dengan indeks keandalan SAIDI 4,0095 jam/tahun dan SAIFI 1,2272 gangguan/tahun. Dari nilai SAIFI dan SAIDI tersebut, dapat disimpulkan bahwa keandalan sistem distribusi yang dioptimasi dengan algoritma DE lebih baik dibandingkan dengan sistem tanpa optimasi (sistem terpasang).

Kata kunci: Keandalan Sistem Distribusi, SAIFI, SAIDI, Recloser, Algoritma Differential Evolution

Abstract

Repeated disruptions to the electrical energy distribution network greatly affect the reliability of the distribution system. Efforts to minimize the affected areas can be done by separating the disturbed areas using a security called recloser. The purpose of this paper is to improve the reliability of the electric power distribution system by installing reclosers on the distribution network. The study was conducted on Olak Alen feeders which had 2 reclosers installed on buses 5 and 6. Based on data in 2019, both of them had a SAIDI reliability index of 6.0544 hours / year and SAIFI of 1.8724 disturbances / year. Optimized recloser placement using a differential evolution (DE) algorithm to improve the reliability index of the distribution system. Tests were carried out to find the best positions for 2 and 3 reclosers. From the test, it was found that for the placement of 2 reclosers the best position was on buses 5 and 13, with a reliability index of SAIDI 4.5461 hours / year and SAIFI 1.3904 disturbances / year. Meanwhile, for the placement of 3 reclosers, the best positions were on buses 8, 13 and 21 with a reliability index of 4.0095 hours / year SAIDI and 1.2272 disturbances / year SAIFI. From the SAIFI and SAIDI values, it can be concluded that the reliability of the distribution system optimized by the DE algorithm is better than the system without optimization (installed system).

Keywords: Distribution System Reliability, SAIFI, SAIDI, Recloser, Differential Evolution Algorithm

1. Pendahuluan

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan sumber daya listrik hingga sampai ke konsumen. Sistem distribusi di Indonesia biasanya dilakukan dengan sistem radial [1]. Komponen sistem tenaga listrik rentan mengalami kegagalan yang akan menyebabkan gangguan[2]. Gangguan yang terjadi

akan berdampak kerugian finansial serta ketidaknyamanan bagi konsumen [3]. Tingkat keandalan sistem distribusi dapat diketahui melalui beberapa cara seperti pemeriksaan, perhitungan dan analisa terhadap tingkat keberhasilan kinerja atau pengoperasian sistem pada periode tertentu [4]. Terdapat beberapa indeks yang digunakan untuk mengukur tingkat keandalan sistem distribusi yaitu *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI) dan *System*

Average Interruption Duration Index (SAIDI) [5]. Parameter lain yang biasa digunakan yaitu *Expected Energy Not Supplied* (EENS) yang dilihat dari energi yang tidak tersalurkan selama terjadinya pemadaman. Semakin besar nilai SAIFI, SAIDI dan EENS maka menunjukkan keandalan sistem distribusi semakin rendah [6].

Pemasangan *recloser* pada sistem distribusi dapat meningkatkan keandalan sistem tersebut. *Recloser* adalah alat pengaman pada sistem distribusi yang mempunyai fungsi untuk memutus serta menghubungkan daerah yang terkena gangguan [7]. Gangguan pada sistem distribusi banyak yang bersifat sementara sehingga penggunaan *recloser* sangat efektif digunakan pada jaringan distribusi.

Dengan mempertimbangkan kompleksitas masalah penempatan *recloser*, maka ada beberapa referensi terdahulu yang dapat dipelajari. Membandingkan hasil algoritma *Binary Differential Evolution* (BDE) dengan algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) [7] pernah digunakan untuk menentukan penempatan *recloser* yang optimal. Pada penelitian ini mendapatkan hasil bahwa algoritma BDE lebih optimal dibandingkan algoritma PSO dengan menggunakan lima parameter (CENS, SAIDI, SAIFI, MAIFI dan Fungsi Objektif) dalam menentukan letak *recloser* yang optimal. Algoritma Genetika (GA) [8] digunakan menentukan penempatan dan penambahan *recloser* yang optimal pada penyulang Nguling dengan memakai parameter fungsi objektif SAIDI, SAIFI, CADI, dan ASAI. Diperoleh hasil posisi terbaik adalah pada bus 17 dan 37 yang diikuti dengan nilai *fitness* objektif menuju titik konvergen. Algoritma evolusi [9] juga pernah digunakan untuk menentukan penempatan *recloser* yang optimal menggunakan multiobjektif (SAIDI/SAIFI, SAIDI/EENS dan SAIFI/EENS). Diperoleh hasil sebanyak 10 penempatan *recloser* teroptimal dan pada penelitian ini solusi tunggal tidak dapat dianggap optimal dalam penempatan *recloser*. Analisa penempatan *recloser* pada penyulang Kentungan 05 digunakan untuk menentukan penempatan *recloser* pada *section*. Diperoleh hasil bahwa penempatan *recloser* yang optimal terletak pada *section* 2 yang memiliki nilai SAIDI dan SAIFI yang terendah dari *section* lainnya[10]. Penulis [11] juga pernah memperbaiki keandalan sistem distribusi menggunakan algoritma ABC. Didapatkan hasil bahwa algoritma ABC dapat lebih baik memperbaiki keandalan sistem distribusi dibandingkan algoritma PSO dengan menggunakan parameter SAIDI, SAIFI, CAIDI dan AENS.

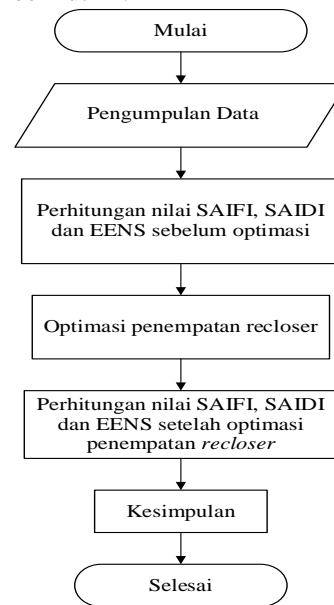
Pada makalah ini algoritma DE digunakan untuk mengoptimalkan penempatan *recloser* pada penyulang Olak Alen. Kelebihan algoritma DE ialah adanya evolusi yang terjadi pada setiap individu dalam populasi. Di mana diferensiasi dan *crossover* terjadi secara berurutan pada setiap individu yang terpilih secara acak. Hasil variasi ini dinamakan *child* (turunan) yang akan menggantikan peran *parents* apabila menghasilkan *fitness* yang dihasilkan sama ataupun lebih baik dalam menyelesaikan masalah optimasi.

Dengan menggunakan algoritma DE, maka penempatan *recloser* dapat dioptimalkan sehingga meningkatkan keandalan sistem distribusi dengan melihat indeks SAIDI, SAIFI dan EENS yang semakin rendah dibandingkan nilai indeks sebelum terjadinya optimasi.

2. Metode

2.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian digambarkan dengan diagram alir pada gambar berikut ini.



Gambar 1. Diagram Alir Perancangan Sistem

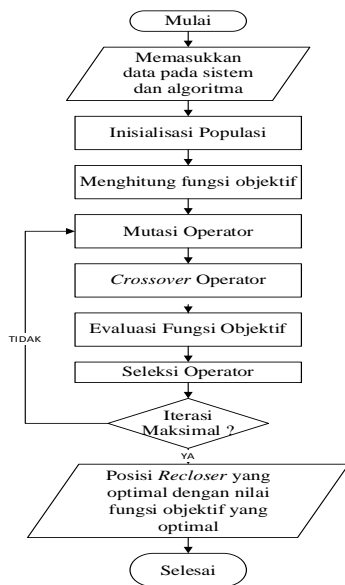
Dari Gambar 1 menunjukkan diagram alir penilaian keandalan sistem ditetapkan berdasarkan indeks SAIDI, SAIFI, dan EENS yang dioptimasi menggunakan algoritma DE.

2.2. Teknik Pengumpulan Data

PT.PLN (Persero) Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Malang merupakan tempat objek penelitian. Data-data yang dibutuhkan untuk menunjang penelitian ini yaitu rekapan data gangguan tahun 2019, *single line diagram*, panjang saluran penyulang Olak Alen, kapasitas daya trafo, dan jumlah pelanggan pada penyulang Olak Alen.

2.3. Teknik Analisis Data

Setelah data-data yang dibutuhkan telah terkumpulkan, maka dilakukannya perhitungan indeks keandalan awal pada sistem penyulang Olak Alen. Keandalan sistem distribusi diketahui dari beberapa faktor seperti frekuensi saat gangguan pemadaman, durasi gangguan pemadaman, serta waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan kembali sistem setelah terjadinya gangguan pemadaman (*restoration*) [12].



Gambar 3. Diagram Alir Algoritma DE

Pada gambar 3 menunjukkan alur dari algoritma DE yang akan dijabarkan sebagai berikut:

1. Memasukkan data-data seperti $\lambda_i, U_i, \lambda_{LP}, U_{LP}$, nilai EENS, SAIDI dan SAIFI.
2. Membuat parameter algoritma DE seperti yang ada pada tabel 1.

3. Inisialisasi dilakukan dengan menghitung disetiap masing-masing individu. Individu akan dipilih secara acak untuk menempatkan posisi recloser diantara minimal posisi dan maksimal posisi. Setelah itu, posisi yang telah dipilih secara acak akan dihitung menggunakan nilai fungsi objektif. Fungsi objektif yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

$$\min \text{fungsi objektif} = fx_1 + fx_2 + fx_3 \quad (8)$$

Dimana,

$$fx_1 = \frac{SAIDI}{SAIFI} \quad (9)$$

$$fx_2 = \frac{SAIDI}{EENS} \quad (10)$$

$$fx_3 = \frac{SAIFI}{EENS} \quad (11)$$

Posisi individu dengan nilai yang minimal akan dijadikan sebagai posisi terbaik sementara (X).

4. Langkah selanjutnya ialah menghitung nilai beta secara acak dengan nilai diantara minimal beta dan maksimal beta yang telah di tentukan. Selanjutnya akan memutasi dan mengombinasikan posisi awal agar dapat menghasilkan populasi baru. Pada tahap ini mutasi yang dipakai ialah DE/rand/1 dengan persamaan sebagai berikut:

$$Y = \text{Populasi}(\text{Populasi}(\text{idxA}) + \text{beta} \cdot (\text{Populasi}(\text{idxB}) - (\text{Populasi}(\text{idxC}))) \quad (12)$$

Dimana (idxA), (idxB) dan (idxC) diambil secara acak dan berbeda-beda.

5. Setelah melalui tahap mutasi maka selanjutnya memasuki tahapan crossover. Tahapan ini tidak akan

- diterapkan pada semua populasi dan kriteria penetapannya ialah probabilitas crossover. Tahapan crossover yang dipakai ialah binomial. Pada tahap ini akan menentukan terlebih dahulu indeks dimensi acak. Apabila dimensi terpilih sama dengan indeks dimensi acak atau kurang dari probabilitas crossover maka posisi Y akan menjadi posisi baru namun jika hasilnya selain itu maka nilai X yang akan menjadi posisi baru.
6. Selanjutnya tahapan ini menghitung kembali nilai fitness pada posisi yang terbaru dengan menggunakan fungsi objektif.
 7. Tahap ini, menggunakan seleksi turnamen untuk memilih solusi yang optimal. Apabila nilai fitness solusi baru lebih baik daripada nilai fitness populasi maka yang diambil ialah nilai fitness solusi baru untuk menggantikan nilai populasi namun jika nilai fitness populasi lebih baik dibandingkan nilai fitness solusi terbaik maka nilai fitness populasi dijadikan sebagai solusi terbaik.
 8. Selanjutnya bila iterasi belum maksimal maka akan kembali ke tahap mutasi namun jika iterasi telah maksimal maka akan menghasilkan posisi recloser yang optimal beserta nilai fitness yang optimal.
 9. Setelah iterasi maksimal maka posisi recloser dan nilai fitness yang optimal akan ditampilkan.

Penempatan recloser menggunakan algoritma DE tentu membutuhkan parameter-parameter penunjang. Parameter-parameter tersebut dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Parameter DE

Parameter	Nilai
Mutasi	DE/rand/1
Crossover	Binomial
Seleksi	Tournament
Minimal Posisi	2
Maksimal Posisi	27
Peluang Crossover	0.6
Jumlah Populasi	23
Jumlah Iterasi	25
Minimal Beta	0.3
Maksimal Beta	0.8

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil perhitungan optimasi penempatan recloser pada jaringan distribusi penyulang Olak Alen telah diselesaikan dengan menggunakan algoritma DE. Hasil perhitungan optimasi berupa nilai laju kegagalan, durasi terputusnya aliran listrik, EENS, SAIDI dan SAIFI setiap busnya serta konvergensi. Secara rinci hasil studi ini diuraikan sebagaimana berikut.

3.1. Hasil Perhitungan Keandalan Awal Sistem Sebelum Optimasi

Perhitungan keandalan awal sistem menggunakan perhitungan Section Technique dengan mengolah data-data

penyulang Olak Alen yang telah didapatkan dari PT. PLN (persero) UPP Sumber Pucung dan UP3 Malang. Data-data tersebut akan diolah menggunakan persamaan yang telah dijelaskan pada persamaan 1 hingga 4 dengan mengalikan angka laju kegagalan sistem dan waktu perbaikan sistem sesuai SPLN 59 tahun 1985[15]. Hasil perhitungan laju kegagalan dan durasi terputusnya aliran listrik tahunan rata-rata dapat dilihat pada **Tabel 2** berikut.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Laju Kegagalan dan Durasi Terputusnya Aliran Listrik Tahunan Rata-Rata

No. Bus	λ_i	U_i	λ_{LP}	U_{LP}
1	0,00091	0,01365	0	0
2	0,14251	0,49345	0	0
3	0,15471	0,58505	0,4641	1,7552
4	0,47591	1,63065	0,4759	1,6307
5	0,84211	2,81225	270,3173	902,7323
6	1,20991	3,97065	473,0748	1552,5242
7	1,31031	4,32685	393,0930	1298,0550
8	1,74171	5,67605	783,7695	2554,2225
9	2,53151	8,10045	845,5243	2705,5503
10	2,68271	8,63605	659,9467	2124,4683
11	2,82051	9,10445	518,9738	1675,2188
12	2,84511	9,23325	349,9485	1135,6898
13	3,31651	10,70245	1177,3611	3799,3698
14	3,44291	11,13665	499,2220	1614,8143
15	3,54731	11,50485	1986,4936	6442,7160
16	3,57651	11,64745	1058,6470	3447,6452
17	3,77971	12,31205	669,0087	2179,2329
18	4,03891	13,17165	2148,7001	7007,3178
19	0,87371	2,96205	521,6049	1768,3439
20	0,95851	3,27145	127,4818	435,1029
21	1,55251	5,13845	464,2005	1536,3966
22	1,76171	5,85105	255,4480	848,4023
23	2,60251	8,45845	400,7865	1302,6013
24	2,83711	9,21725	476,6345	1548,4980
25	2,97871	9,69705	536,1678	1745,4690
26	3,01771	9,86905	425,4971	1391,5361
27	3,16771	10,37405	871,1203	2852,8638
28	0,89711	3,06225	403,6995	1378,0125
29	0,9669	3,2417	0,0000	0,0000
30	1,2105	4,0575	260,2597	872,3518
31	1,6987	5,6071	264,9988	874,6998
32	0,8655	2,9375	276,9632	939,9840
33	0,9617	3,2811	331,7900	1131,9623
34	1,0593	3,5739	287,0730	968,5134
35	1,2243	4,1239	173,8520	585,5867
36	1,5467	5,1851	897,0918	3007,3290
37	1,6359	5,5077	212,6683	715,9945
38	1,8683	6,2599	244,7486	820,0404
39	1,9115	6,4445	185,4165	625,1117
40	2,4175	8,0565	120,8755	402,8225
41	2,4621	8,2453	110,7950	371,0363
42	0,9671	3,3523	0,9671	3,3523
43	1,2009	4,1087	445,5376	1524,3092
44	1,7813	5,9099	1164,9767	3865,0419
45	2,2177	7,2741	1060,0654	3476,9959
46	2,6145	8,5195	781,7385	2547,3156
47	1,7373	5,7779	802,6372	2669,3667
48	2,1007	6,9231	871,7947	2873,0658
49	2,4341	7,9783	1212,1868	3973,1685
50	2,7765	9,0905	1288,3006	4217,9688
51	1,9643	6,5439	720,9018	2401,5930
52	2,4733	8,1259	682,6336	2242,7346
53	2,6535	8,7215	849,1232	2790,8640
54	2,8699	9,4257	961,4199	3157,5928
55	3,0463	9,8749	301,5847	977,6102

Tabel 2. Lanjutan

No. Bus	λ_i	U_i	λ_{LP}	U_{LP}
56	3,0549	9,9707	559,0485	1824,6290
57	1,8077	5,8491	1128,0110	3649,8072
58	1,8447	6,0401	944,4915	3092,5056
59	2,0693	6,7689	171,7527	561,8146
60	2,6089	8,4177	448,7325	1447,8358
61	2,9121	9,3823	576,5978	1857,6855
62	3,3337	10,7021	1200,1356	3852,7380
63	2,5801	8,3013	1282,3147	4125,7213
64	2,8001	9,0163	1299,2510	4183,5400
65	2,9933	9,6809	413,0768	1335,9573
66	3,01091	9,78565	340,2328	1105,7785
67	3,5841	11,5903	1139,7470	3685,6995
68	3,7891	12,2603	272,8159	882,7380
69	3,8213	12,4119	3,8213	12,4119
70	4,0045	13,0165	476,5367	1548,9576
71	3,4273	11,0899	1288,6686	4169,7836
72	3,6249	11,7377	1199,8452	3885,1622
73	3,8085	12,3435	910,2339	2950,0846
74	3,9831	12,9613	334,5812	1088,7450
75	4,0223	13,1249	1150,3807	3753,7071
76	4,3507	14,1951	2192,7578	7154,3052
77	4,5111	14,7313	1939,7773	6334,4375
78	3,6193	11,7759	2645,7156	8608,1464
79	3,7395	12,2215	0	0
80	4,1105	13,3895	1459,2311	4753,2548
81	4,0437	13,1861	1107,9765	3612,9777

Dari **Tabel 2** menunjukkan nilai hasil perhitungan laju kegagalan dan durasi terputusnya aliran listrik tahunan rata-rata setiap busnya memiliki nilai berbeda-beda. Nilai tersebut tergantung dari komponen dan jumlah pelanggan pada setiap busnya. Sementara itu hasil perhitungan SAIDI, SAIFI dan EENS pada penyulang dapat dilihat pada **Tabel 3** berikut.

Tabel 3. Hasil Sebelum Optimasi Penempatan Recloser

SAIDI (jam/tahun)	SAIFI (gangguan/tahun)	EENS (MWh)
8,2863	2,5356	8,448

Dari **Tabel 3** merupakan perhitungan nilai SAIDI, SAIFI dan EENS pada penyulang Olak Alen tahun 2019 sebelum optimasi. Nilai keandalan SAIDI sebesar 8.2863 jam/tahun, nilai SAIFI sebesar 2.5356 gangguan/tahun, dan nilai EENS sebesar 8,4480 MWh.

3.2. Hasil Optimasi Penempatan Recloser Menggunakan Algoritma Differential Evolution

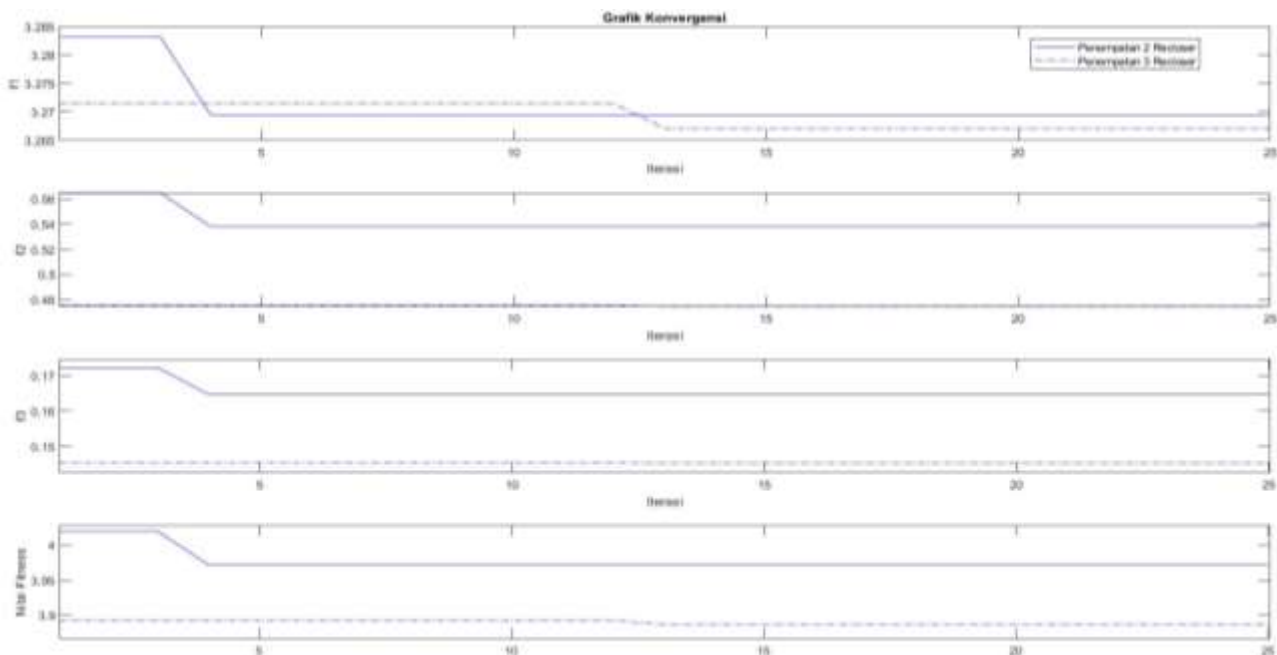
Hasil optimasi penempatan 2 dan 3 buah *recloser* menggunakan algoritma DE dapat ditampilkan pada **Tabel 4** berikut.

Tabel 4. Hasil Penempatan Recloser Menggunakan algoritma DE

SAIDI	SAIFI	EENS	Nilai fitness	POSISI RECLOSER
4,5461	1,3904	8,448	3,9722	BUS 5 & 13
4,0095	1,2272	8,448	3,8870	BUS 8, 13 & 21

Dari **Tabel 4** menunjukkan bahwa hasil penempatan 2 buah *recloser* dengan menggunakan algoritma DE menyarankan penempatan *recloser* pada bus 5 dan 13. Nilai keandalan sistem pada penyulang Olak Alen yang telah dioptimasi yaitu masing-masing dengan nilai SAIDI 4,5461 jam/tahun, nilai SAIFI sebesar 1,3904 kali/tahun, EENS sebesar 8,448 MWh, dan nilai *fitness* sebesar 3,9722. Sedangkan pada penempatan *recloser* menggunakan 3 buah *recloser* menyarankan penempatan pada bus 8, 13, dan 21. Nilai SAIDI yang dihasilkan ialah 4,0095 jam/tahun, nilai SAIFI sebesar 1,2272 kali/tahun, EENS sebesar 8,4480 MWh dan nilai *fitness* sebesar 3,8870.

Sementara itu nilai konvergensi optimasi algoritma DE untuk SAIDI, SAIFI, EENS, dan nilai *fitness* masing-masing pada 2 dan 3 *recloser* sebagaimana terlihat pada **Gambar 4**. **Gambar 4** menunjukkan bahwa grafik konvergensi penempatan 2 dan 3 buah *recloser* menggunakan 25 iterasi. Pada penempatan 2 buah *recloser* hasil optimal didapatkan pada iterasi ke-4, sedangkan pada penempatan 3 buah *recloser* pada iterasi ke-13. Dari grafik konvergensi ini, algoritma DE dapat menemukan konfigurasi penempatan yang optimal, ditunjukkan dari nilai *fitness* yang tidak berubah lagi. Nilai indeks f_1 , f_2 dan f_3 juga mengalami penurunan, sehingga dapat dikatakan nilai keandalan sistem distribusi terjadi peningkatan.



Gambar 4. Grafik Konvergensi 2 dan 3 buah *recloser*

3.3. Perhitungan Keandalan Sistem Setelah Optimasi

Perhitungan keandalan sistem setelah dioptimasi menggunakan algoritma DE menggunakan *software* Matlab R2018b. Cara menghitung keandalan sistem

setelah dioptimasi sama seperti menghitung keandalan awal sistem namun pada perhitungan ini dimasukkan hasil penempatan *recloser* yang dihasilkan dari optimasi menggunakan algoritma DE. Hasil optimasi penempatan *recloser* menggunakan algoritma DE menyatakan bahwa hasil penempatan *recloser* yang optimal guna meningkatkan keandalan sistem distribusi terletak pada bus 5 dan 13 dan ketika menggunakan 3 buah *recloser* berada pada bus 8, 13 dan 21.

3.4. Perbandingan Nilai Keandalan sistem Hasil Pengujian dengan PLN

Perbandingan nilai keandalan sistem dari PLN dan hasil penelitian dengan optimasi algoritma DE untuk kasus 2 buah *recloser* dapat dilihat dari **Tabel 5** berikut.

Tabel 5. Hasil Perbandingan Penempatan *Recloser* Optimasi DE dan PLN

NILAI INDEKS	POSISI RECLOSER	
	PLN BUS 5 & 6	Optimasi DE BUS 5 & 13
SAIDI	1,8724	1,3904
SAIFI	6,0544	4,5461

Tabel 5 menunjukkan bahwa hasil perbandingan penempatan 2 buah *recloser* yang dilakukan oleh peneliti dan PLN. Pada jaringan distribusi penyulang Olak Alen pada tahun 2019 sesuai data dari PT. PLN (persero) terdapat 2 buah *recloser* yang terletak pada bus 5 dan 6 dengan nilai SAIDI sebesar 1,8724 jam/tahun dan nilai SAIFI sebesar 6,0544 kali/tahun. Pada penelitian yang dilakukan pada penelitian ini didapatkan hasil penempatan

2 buah *recloser* pada bus 5 dan 13. Nilai SAIDI yang dihasilkan sebesar 1,3904 jam/tahun dan nilai SAIFI sebesar 4,5461 kali/tahun dengan menghitung ulang laju kegagalan serta durasi terputusnya aliran listrik rata-rata per tahun.

4. Kesimpulan

Optimasi penempatan *recloser* pada penyulang Olak Alen dengan menggunakan algoritma DE telah berhasil dilakukan. Dari pengujian diperoleh bahwa dengan optimasi untuk penempatan 2 buah *recloser* didapatkan posisi terbaik adalah pada bus 5 dan 13. Sementara, untuk penempatan 3 buah *recloser*, posisi terbaik adalah pada bus 8, 13 dan 21. Dari nilai indeks SAIFI dan SAIDI yang diperoleh untuk penempatan 2 dan 3 *recloser* tersebut, yang dibuktikan dengan nilai *fitness* yang menuju konvergen, maka dapat disimpulkan bahwa keandalan sistem distribusi yang dioptimasi dengan algoritma DE lebih baik dibandingkan dengan sistem tanpa optimasi (sistem terpasang).

Referensi

- [1]. Sucita T., Mulyadi Y., Timotius C. *Reliability Evaluation of Power Distribution System with Reliability Index Assessment (RIA)*. International Symposium on Materials and Electrical Engineering (ISMEE). Bandung, Indonesia. 2017: 1-8.
- [2]. Ayamolowo O., Mmoyi C. A., Samson A., Onifade O. A., Adeniji K. A., Adebajo A. *Reliability Analysis of Power Distribution System: A Case Study of Mofor Injection Substation, Delta State, Nigeria*. IEEE AFRICON. Accra, Ghana. 2019: 1-6.
- [3]. De Sousa R.S., Martins C. C., Sperandio M. *Distribution System Reliability Assessment Using Sequential Monte Carlo Simulation*. IEEE PES Conference on Innovative Smart Grid Technologies (ISGT Latin America). Gramado, Brazil. 2019: 1-6.
- [4]. Nazaruddin, Mahalla, Fauzi, Maimun, Subhan, Abubakar S., Aiyub S. *Reliability Analysis of 20 KV Electric Power Distribution System*. The 2nd Int. Conf. on Science and Innovated Engineering. Malacc, Malaysia. 2019: 1-8.
- [5]. Afriana E., Hermawan H., Handoko S. *Perbandingan Indeks Keandalan Sistem Distribusi Pada Penyulang 103 Dalam Keadaan Perfect Switching dan Imperfect Switching*. *Transient*. 2017; 6(3): 1-8.
- [6]. Bagusiam T.F.L.L., Warsito A., Hermawan H. *Optimalisasi Penempatan Recloser Untuk Meminimalisir Nilai Saifi dan Saidi Pada Sistem Distribusi Jaringan Radial Penyulang SRL-02 Menggunakan Artificial Bee Colony Algorithm*. *Transient*. 2017; 6(4): 1-6.
- [7]. Neshadnaeini M.F., Hajivand M., Karimi R., Karimi M. *Optimal Recloser Placement By Binary Differential Evolutionary Algorithm To Improve Reliability Of Distribution System*. *Internasional Journal of Information, Security and System Management*. 2014; 3(2): 332-336.
- [8]. Rizqi M.B. *Optimasi Penempatan Recloser Untuk Meningkatkan Reliability Sistem Pada Penyulang Nguling Menggunakan Metode Algoritma Genetika*. Skripsi. Kota Malang: UMM; 2019.
- [9]. Moskwa S., Koziel S., Siluszyc M., Galias Z. *Multiobjective Optimization for Switch Allocation in Radial Power Distribution Grids*. International Conference on Signals and Electronic System. Krakow, Poland. 2018: 1-4.
- [10]. Hani S., Santoso G., Wibowo R.D. *Penempatan Recloser Sebagai Parameter Keandalan Sistem Proteksi pada Sistem Distribusi*. Simposium Nasional RAPI XVIII. Yogyakarta. 2019: 1-7.
- [11]. Dixit M., Kundu P., Jariwala H.R. *Assessment of Distribution System Reliability using Artificial Bee Colony Algorithm*. 2017 Second Int. Conf. on Electrical, Computer and Communication Technology (ICECCT). Coimbatore, India. 2017:1-6.
- [12]. Ifanda, Syaferi S., Fuaziah K., Armansyah F., Prastawa A., Hilal H., Aryono N.A., Febriantoni A. *Kajian Outage Managemant Sistem Kelistrikan*. Serpong: Pusat Teknologi Konversi dan Konservasi Energi (PTKKE) Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. 2014.
- [13]. PT. PLN (Persero). SPLN 68-2. *Tingkat Jaminan Sistem Tenaga Listrik*. 1986.
- [14]. Partawan I. N., Dyana Arjana I.G., Weking A.I. *Studi Perbandingan Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Menggunakan Metode Section Technique dan RNEA Pada Penyulang Renon*. *Journal SPEKTRUM*. 2014; 1(1): 1-7.
- [15]. PT. PLN (Persero). SPLN 59. *Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV*. 1981.