

OPTIMISASI PENEMPATAN *RECLOSER* UNTUK MEMINIMALISIR NILAI SAIFI DAN SAIDI PADA SISTEM DISTRIBUSI JARINGAN RADIAL PENYULANG SRL-02 MENGUNAKAN *ARTIFICIAL BEE COLONY ALGORITHM*

Thomas Febrian Lie Lambang Bagusiam^{*)}, Agung Warsito, and Hermawan

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: febrianthomas7@gmail.com

Abstrak

Meningkatnya kebutuhan energi listrik menuntut sistem distribusi tenaga listrik memiliki sistem keandalan yang tinggi. Salah satu cara meningkatkan keandalan pada jaringan radial dapat dilakukan dengan cara memasang recloser. Recloser berfungsi sebagai pemutus dan penyambung aliran listrik secara otomatis apabila terjadi gangguan pada suatu jaringan. Pemasangan recloser harus didasari dengan perhitungan yang benar agar memiliki fungsi yang optimal. Parameter indeks keandalan pada sistem distribusi adalah nilai Standart Average Interruption Frequency Index (SAIFI) dan nilai Standart Average Interruption Duration Index (SAIDI). Penelitian ini bertujuan untuk meminimalisir nilai SAIFI dan SAIDI dengan menentukan penempatan lokasi recloser yang optimal pada sistem distribusi jaringan radial penyulang SRL 02 di GI Sronol. Metode yang digunakan untuk optimisasi penempatan recloser adalah Artificial Bee Colony (ABC) Algorithm dengan bantuan software MATLAB 2014a. Hasil simulasi menunjukkan nilai keandalan sebelum dan setelah penempatan recloser mengalami perubahan. Nilai SAIFI dan SAIDI sebelum penempatan recloser sebesar 1,539 kali/tahun dan 4,2007 jam/tahun. Lokasi penempatan yang optimal untuk 1 recloser berada pada lokasi 61 dengan nilai SAIFI dan SAIDI sebesar 0,40259 kali/tahun dan 1,2775 jam/tahun, sedangkan lokasi penempatan yang optimal untuk 2 recloser pada lokasi 61 dan 100 dengan nilai SAIFI dan SAIDI sebesar 0,29363 kali/tahun dan 0,8911 jam/tahun.

Kata kunci: indeks keandalan, recloser, SAIFI, SAIDI, artificial bee colony algorithm

Abstract

The increasing needs of electrical energy demand power distribution system had high reliability. Another way increase reliability of radial network can be done by installing recloser. Recloser serves as a breaker and connector in electrica network automatically if there is a disorder in a network. The installation of recloser must be based by calculation to be optimal. Reliability index parameter on distribution system is the value of Standard Average Interruption Frequency Index (SAIFI) and Standard Average Duration Index (SAIDI). This study attempts to minimize the value of SAIFI and SAIDI by determining optimal location placement recloser on a radial network of SRL02 Sronol Substation. The method used to optimize recloser placement is Artificial Bee Colony (ABC) Algorithm with the help of software MATLAB 2014a. The result showed the reliability value before and after recloser replacement. The value of SAIFI and SAIDI before recloser replacement is 1,539 times/year and 4,2007 hours/year. The optimal location for a recloser is located on 61 with SAIFI and SAIDI value is 0,40259 times/year and 1,2775 hours/year, meanwhile the optimal location for 2 recloser is located on 61 and 100 with SAIFI and SAIDI value is 0,29363 times/year and 0,8911 hours/year.

Keywords: reliability index, recloser, SAIFI, SAIDI, artificial bee colony algorithm

1. Pendahuluan

Permintaan penggunaan energi listrik akan selalu meningkat sesuai dengan pertumbuhan ekonomi dan kemajuan teknologi. Meningkatnya kebutuhan energi listrik menuntut sistem distribusi tenaga listrik memiliki sistem keandalan yang tinggi. Sistem distribusi tenaga listrik merupakan sistem yang berhubungan langsung

dengan pelanggan sehingga apabila sistem distribusi tidak memiliki nilai keandalan yang tinggi maka seringkali pemadaman listrik dengan waktu padam yang lama dan tegangan listrik yang tidak stabil akan dirasakan langsung oleh pelanggan. Sistem tenaga listrik yang handal dan energi listrik dengan kualitas yang baik mempunyai kontribusi yang sangat penting bagi kehidupan masyarakat modern [1].

Tingkat keandalan sistem distribusi dapat diketahui dengan melakukan pemeriksaan melalui perhitungan maupun analisa terhadap tingkat keberhasilan kinerja pada periode tertentu kemudian membandingkannya dengan standar yang ditetapkan sebelumnya. Nilai *System Average Interruption Duration Indeks* (SAIDI) dan *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI) merupakan parameter penting yang digunakan untuk menunjukkan besarnya kegagalan atau pemadaman yang mengakibatkan pelanggan tidak mendapatkan layanan listrik, seperti yang telah dikemukakan oleh A.Pregelj *et al* [2].

Salah satu metode untuk meningkatkan keandalan jaringan distribusi berdasarkan indeks keandalan adalah dengan menambahkan *sectionalizer* atau *recloser*. Biaya pemasangan *recloser* pada jaringan distribusi cukup besar sehingga diperlukan optimasi penempatan *recloser* untuk menanggulangi masalah tersebut. Kasus penempatan *recloser* sudah pernah diteliti dengan menggunakan metode *linier* seperti *Simplex* oleh Gunawan Hadi [3] dan metode *non linier* seperti GA oleh Radiktyo Nindyo [4] & PSO oleh Dewi Wijayanti [5]. Penelitian ini menggunakan metode *Artificial Bee Colony* (ABC) *Algorithm*.

Algoritma ABC telah banyak digunakan untuk mengatasi masalah kombinatorial & persoalan yang kompleks karena algoritma ABC termasuk dalam algoritma yang sederhana dan fleksibel [6]. Algoritma ABC termasuk dalam sekelompok *Swarm Intelligence*, yang merupakan salah satu pengembangan paradigma yang digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi. Algoritma ABC telah banyak digunakan beberapa diantaranya pada *Traveling Salesman Problem* [7], *Optimization Static VAR Compensator* [8] dan *Flexible Job Shop Scheduling Problem* [9]. Simulasi penempatan *recloser* pada penelitian ini menggunakan metode *Artificial Bee Colony Algorithm* dengan bantuan *software* Matlab R2014a untuk memecahkan solusi yang optimal.

2. Metode

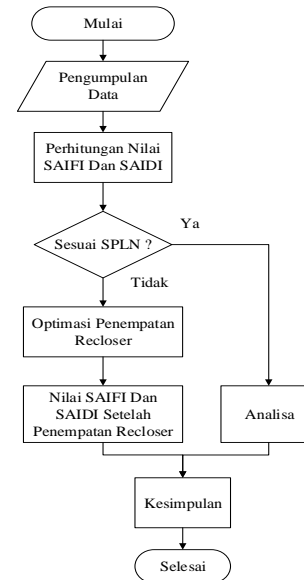
2.1. Langkah Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung nilai indeks keandalan SAIFI dan SAIDI jaringan distribusi listrik yang berbentuk radial murni dan menentukan penempatan *recloser* menggunakan metode *Artificial Bee Colony* (ABC) *Algorithm* pada penyulang SRL-02 guna mendapatkan keandalan suatu jaringan yang optimal. Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 1.

2.2. Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini diperoleh dari PT. PLN (Persero) Area Semarang dan PT. PLN (Persero) UPJ Semarang Selatan. Data-data tersebut meliputi data *single line diagram* Gardu Induk Spondol Penyulang SRL-02, data-data mengenai panjang saluran,

rekap data pemadaman pada tahun 2016, kapasitas trafo distribusi, data pembebanan, dan beban masing-masing trafo distribusi. Jaringan Penyulang SRL-02 dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 1. Diagram Alir Langkah Penelitian

2.3. Pengolahan Data (Perhitungan Indeks Keandalan Sebelum Penempatan *Recloser*)

Setelah data-data yang diperlukan sudah lengkap maka dilakukan perhitungan indeks keandalan sebelum penempatan *recloser*. Perhitungan indeks keandalan dengan cara menghitung nilai SAIFI dan SAIDI. Perhitungan nilai SAIFI dan SAIDI dilakukan secara riil pada tahun 2016. Dari hasil perhitungan kondisi riil tersebut, maka dapat dilakukan perbandingan terhadap standar PLN.

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum N} \quad (1)$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N} \quad (2)$$

Dimana :

λ_i = jumlah frekuensi gangguan (kali/tahun)

U_i = jumlah durasi gangguan (jam/tahun)

N_i = jumlah pelanggan padam

N = jumlah pelanggan total

Apabila hasil perhitungan kondisi riil tidak sesuai dengan standar SPLN, maka perlu dilakukan upaya perbaikan dengan cara optimasi penempatan *recloser*. Optimasi dimulai dengan melakukan perhitungan kondisi awal sebelum penempatan *recloser* menggunakan excel, etap dan matlab.

$$\lambda_{LP} = \sum_{i=K} \lambda_i \quad (3)$$

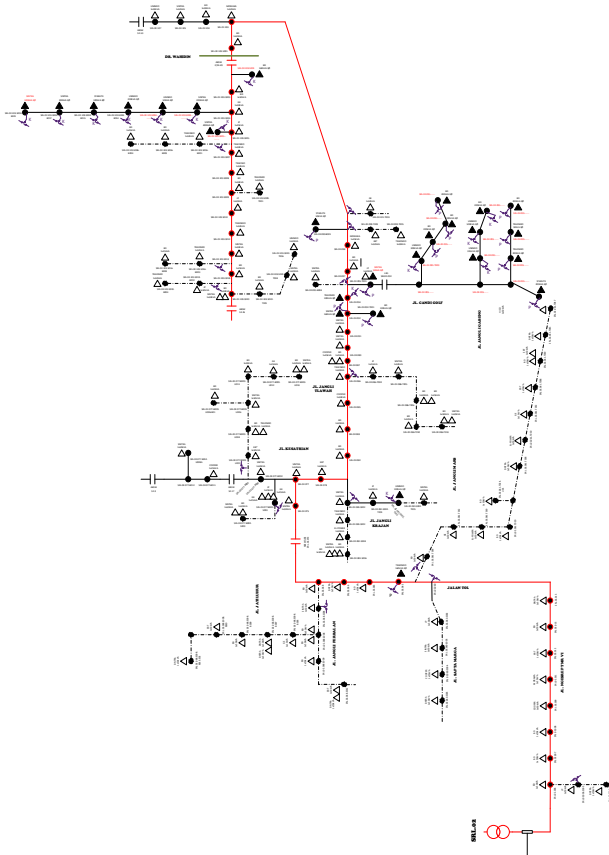
$$U_{LP} = \sum_{i=K} U_i = \sum_{i=K} \lambda_i x MTTR \quad (4)$$

Dimana :

λ_i = laju kegagalan untuk peralatan K (failure)

K = semua peralatan yang berpengaruh terhadap *Load Point*

MTTR = waktu perbaikan (jam)



Gambar 2. Jaringan Penyulang SRL-02

2.4. Optimasi Recloser dengan Metode *Artificial Bee Colony*

Langkah awal dalam metode ABC dengan memasukan parameter-parameter. Parameter metode ABC yang dimasukan berupa jumlah iterasi, jumlah lebah, radius, rdamp, bus minimal dan bus maksimal. Fungsi tujuan yang digunakan dalam proses optimasi adalah sebagai berikut :

$$f(x) = \frac{1}{SAIFI.SAIDI} \quad (5)$$

Optimasi ini dilakukan dengan memilih jumlah *recloser*. Jumlah *recloser* yang digunakan pada optimasi ini adalah 1-2 buah *recloser*. Setelah dilakukan optimasi maka akan didapatkan nilai SAIFI dan SAIDI yang baru dengan lokasi penempatan *recloser*. Langkah selanjutnya melengkapi analisis dengan kesimpulan dan saran-saran.

3. Hasil dan Analisa

3.1. Kondisi Sebelum Penempatan *Recloser*

Pada kondisi sebelum penempatan recloser akan dihitung berdasarkan data *real* pemadaman di lapangan, dengan MATLAB dan ETAP. Kemudian dilakukan perbandingan nilai indeks keandalan tersebut.

3.1.1. Analisis Keandalan Kondisi Riil 2016

Analisis yang dilakukan menggunakan data pemadaman/gangguan dari PLN APJ Semarang pada tahun 2016. Kemudian dilakukan perhitungan indeks keandalan yang hasilnya dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil perhitungan indeks keandalan kondisi riil tahun 2015

Penyulang	indeks (lambda)	U _i (menit)	N _i	N	SAIFI	SAIDI
SRL-02	6	417	17009	5035	3,378	2,785

Dari hasil tabel diatas terlihat bahwa nilai SAIFI pada penyulang SRL-02 sebesar 3,378 kali/tahun dan nilai SAIDI pada penyulang SRL-02 sebesar 2,785. Standar indeks keandalan berdasarkan SPLN 68-2 tahun 1986 menyebutkan bahwa nilai maksimal SAIFI adalah 3,2 kali/tahun dan nilai maksimal SAIDI adalah 21 jam/tahun [10]. Nilai SAIDI pada penyulang SRL-02 telah memenuhi standar tetapi nilai SAIFI pada penyulang SRL-02 tidak memenuhi standar. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemasangan *recloser* untuk meminimalisir nilai SAIFI dan SAIDI

3.1.2. Perhitungan Kondisi Awal dengan MATLAB

Perhitungan indeks keandalan dengan matlab menggunakan data angka keluar komponen dan data waktu operasi kerja sesuai SPLN 59 tahun 1985 [11]. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan indeks keandalan kondisi awal dengan MATLAB

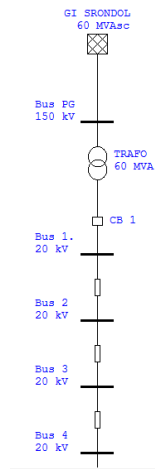
Penyulang	SAIFI (kali/tahun)	SAIDI (jam/tahun)
SRL-02	1,5390	4,2007

Dapat dilihat pada tabel 2 nilai SAIFI dan SAIDI pada penyulang SRL 02 adalah 1,5390 kali/tahun dan 4,2007 jam /tahun.

3.1.3. Perhitungan Kondisi Awal dengan ETAP

Perhitungan indeks keandalan menggunakan ETAP dengan cara menghitung nilai SAIFI dan SAIDI tiap titik beban. Pada single line diagram penyulang SRL-02 seperti pada gambar 3 menggunakan 353 titik beban. Dengan 124 titik

beban di *main feeder*, dan sisanya sebagai titik cabang beban.



Gambar 3. Penyulang SRL 02 dengan ETAP

Tabel 3. Hasil perhitungan indeks keandalan kondisi awal dengan ETAP

Penyulang	SAIFI (kali/tahun)	SAIDI (jam/tahun)
SRL-02	1,5392	4,2012

Dapat dilihat pada tabel 3 nilai SAIFI dan SAIDI pada penyulang SRL 02 adalah 1,5392 kali/tahun dan 4,2012 jam /tahun.

3.1.4. Perbandingan Kondisi Riil dengan MATLAB

Setelah dilakukan perhitungan keandalan pada kondisi riil dan MATLAB, maka perbandingan dari nilai SAIFI dan SAIDI dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan kondisi riil dan MATLAB

No	Kondisi	SAIFI (kali/tahun)	SAIDI (jam/tahun)
1	Riil	3,378	2,785
2	Matlab	1,5392	4,2007

Berdasarkan Tabel 4 terdapat perbedaan antara kondisi riil dan perhitungan MATLAB. Hal ini dikarenakan saat perhitungan MATLAB menggunakan nilai λ (data angka keluar komponen) dan r (data waktu operasi kerja), sedangkan pada saat kondisi riil memperhatikan sisi keadaan sekitar seperti pohon, hewan dan lain-lain. Sehingga mempunyai nilai yang berbeda.

3.1.5. Perbandingan Kondisi MATLAB dengan ETAP

Setelah dilakukan perhitungan keandalan pada kondisi MATLAB dan ETAP, maka perbandingan dari nilai SAIFI dan SAIDI dapat dilihat pada Tabel 5. Pada Tabel 5 dapat dilihat hasil nilai SAIFI dan SAIDI hampir sama

hal ini dikarenakan perhitungan indeks keandalan pada ETAP menggunakan metode *load point*. Pada perbandingan diatas dapat dilihat adanya perbedaan dikarenakan ada pembulatan pada saat dilakukannya perhitungan. Perbedaan hasil nilai akan dihitung sebagai nilai *error*.

Tabel 5. Perbandingan ETAP dengan Matlab

INDEKS	ETAP	MATLAB	Error (%)
SAIFI (kali/tahun)	1,5392	1,5390	0,0129
SAIDI (jam/tahun)	4,2012	4,2007	0,0119

3.2. Optimisasi Penempatan Recloser dengan metode ABC

Setelah mendapatkan nilai indeks keandalan sebelum penempatan *recloser*, selanjutnya melakukan optimasi penempatan *recloser* guna meminimalisir nilai SAIFI dan SAIDI.

3.2.1. Hasil Pengujian Sistem

Parameter sistem yang digunakan untuk optimasi penempatan *recloser* pada penyulang SRL 02 dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Parameter Sistem

No	Parameter	Nilai
1	Lamda SKUTM	0,07
2	MTTR SKUTM	10
3	Lamda SUTM	0,2
4	MTTR SUTM	3
5	Lamda PMT	0,004
6	MTTR PMT	10
7	Lamda Trafo	0,005
8	MTTR Trafo	10
9	Lamda Recloser	0,005
10	MTTR Recloser	10
11	Lamda FCO	0,003
12	MTTR FCO	0,25

Parameter algoritma ABC yang digunakan untuk optimasi penempatan *recloser* pada penyulang SRL 02 dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Parameter Algoritma ABC dengan 1 Recloser

No	Parameter	Nilai
1	Maksimum Iterasi	70
2	Jumlah Lebah	3
3	Radius	3
4	Rdamp	0,9
5	Bus minimal	3
6	Bus maksimal	125

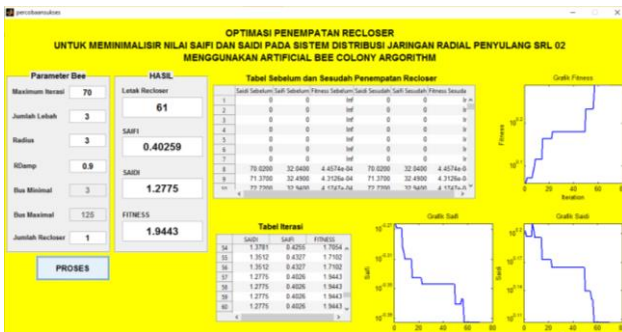
Selama proses optimisasi berlangsung maka akan muncul letak penempatan *recloser*, nilai SAIFI, nilai SAIDI, nilai fitness, grafik nilai SAIFI, grafik nilai SAIDI, dan grafik

nilai fitness. Pada tabel 8 dapat dilihat hasil dari optimasi penempatan 1 recloser.

Tabel 8. Hasil Optimisasi Penempatan 1 Recloser

SAIFI (Kali/tahun)	SAIDI (Jam/tahun)	Fitness	Lokasi
0,40259	1,2775	1,9443	61

Dari tabel 8 dapat dilihat hasil optimasi penempatan 1 recloser menunjukkan lokasi paling optimal yakni pada bus 61 dengan penurunan nilai SAIFI dan SAIDI menjadi 0,40259 kali/tahun dan 1,2775 jam/tahun. Pada gambar 9 dapat dilihat hasil dari simulasi optimasi penempatan 1 recloser.



Gambar 4. Hasil Simulasi dengan Penempatan 1 Recloser

Pada gambar diatas dapat dilihat grafik SAIFI dan SAIDI menurun dan grafik fitness meningkat pada setiap iterasinya.

3.2.2. Hasil Pengujian recloser

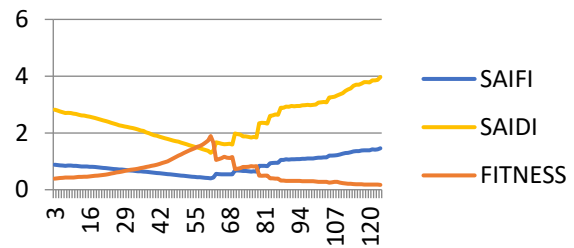
Setelah mendapatkan hasil optimasi selanjutnya melakukan pengujian hasil optimasi dengan melakukan perhitungan nilai SAIFI dan SAIDI apabila diletakan pada bus lain seperti bus 16 dan bus 98. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan nilai SAIFI dan SAIDI dengan Beda Penempatan Recloser

INDEKS	Bus 61	Bus 16	Bus 98
SAIFI	0,40259	0,8119	1,1016
SAIDI	1,2775	2,5425	2,9778

Dari tabel diatas dapat dilihat nilai SAIFI dan SAIDI terendah dihasilkan apabila recloser diletakan pada bus 61. Kemudian dilakukan pengujian pada seluruh titik bus, hasilnya dapat dilihat pada gambar 5 yang menunjukkan nilai Fitness tertinggi pada bus 61. Hal ini membuktikan bahwa hasil optimasi pada sistem sudah sesuai pada teori yang ada karena pada sistem perhitungan menunjukkan apabila recloser diletakan di titik beban bus 61 maka akan

menghasilkan nilai SAIFI dan SAIDI terendah dibandingkan dengan titik lainnya



Gambar 5. Perbandingan Indeks Keandalan dengan Beda Penempatan Recloser

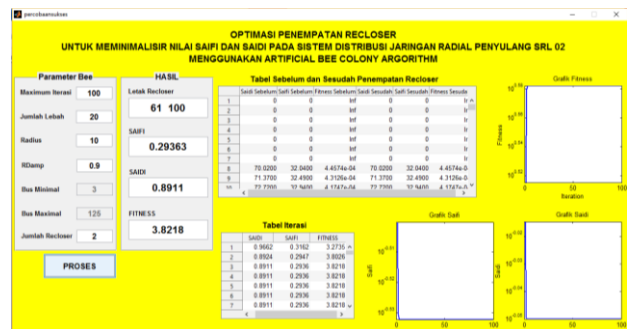
3.2.3. Hasil Pengujian Penambahan Recloser

Adanya penambahan jumlah recloser akan mengurangi nilai SAIFI dan SAIDI dan menambah nilai fitness yang menyebabkan tingkat keandalan semakin tinggi. Semakin banyak recloser yang dipasang maka akan semakin kecil nilai SAIFI dan SAIDI yang mengakibatkan semakin tinggi tingkat keandalan suatu sistem. Pada tabel 10 dapat dilihat hasil perbandingan antara optimasi penempatan 1 recloser dan optimasi penempatan 2 recloser.

Tabel 10. Hasil Optimisasi dengan Perbandingan Jumlah Recloser

Jumlah Recloser	SAIFI	SAIDI	Fitness	Lokasi
1	0,40259	1,2775	1,9443	61
2	0,29363	0,8911	3,8218	61, 100

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai SAIFI dan SAIDI lebih rendah apabila dilakukan pemasangan 2 recloser. Hal ini sudah sesuai teori dimana salah satu kegunaan recloser adalah untuk meningkatkan kenadalan sistem tenaga listrik. Hasil simulasi optimasi penempatan 2 recloser dapat dilihat pada gambar 6



Gambar 6. Hasil Simulasi dengan Penempatan 2 Recloser

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah penempatan recloser yang paling optimal pada Penyulang SRL-02

untuk 1 buah *recloser* adalah pada titik beban bus 61 dengan nilai SAIFI sebesar 0,40259 kali/tahun dan nilai SAIDI sebesar 1,2775 jam/tahun, sedangkan untuk 2 buah *recloser* adalah pada titik beban bus 61 dan 100 dengan nilai SAIFI sebesar 0,29363 kali/tahun dan nilai SAIDI sebesar 0,8911 jam/tahun.

Referensi

- [1]. A. R. Dhanara, "Optimisasi Penempatan Recloser Pada Sistem Distribusi Jaringan Radial Penyulang SRL-06 Menggunakan Simulated Annealing Method," 2016.
- [2]. A. Pregelj, M. Begovic, A. Rohatgi, and D. Novosel, "On optimization of reliability of distributed generation-enhanced feeders," *Proc. 36th Annu. Hawaii Int. Conf. Syst. Sci. HICSS*, 2003.
- [3]. G. H. Prasetyo, "Optimasi Penempatan Recloser pada Penyulang Mayang Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Jember Menggunakan Simplex Method," 2014.
- [4]. R. N. Sumarno, "Optimasi Penempatan Recloser Terhadap Keandalan Sistem Tenaga Listrik dengan Algoritma Genetika," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [5]. D. Wijayanti, "Optimisasi Penempatan Recloser untuk Meminimalisir Nilai SAIFI dan SAIDI pada Penyulang PDP 04 Menggunakan Particle Swarm Optimization (PSO)," *TRANSIENT*, vol. 5, pp. 315–319, 2016.
- [6]. D. Karaboga, "An Idea Based on Honey Bee Swarm for Numerical Optimization," *TECHNICAL REPORT-TR06*, 2005.
- [7]. F. Amri, E. B. Nababan, and M. F. Syahputra, "Artificial Bee Colony Algorithm untuk Menyelesaikan Travelling Salesman Problem," *J. DUNIA Teknol. Inf.*, vol. 1, no. 1, pp. 8–13, 2012.
- [8]. K. Noor, "Optimasi Penempatan dan Kapasitas SVC dengan Metode Artificial Bee Colony Algorithm."
- [9]. J. Li, Q. Pan, and S. Xie, "Flexible job shop scheduling problems by a hybrid artificial bee colony algorithm," *IEEE Congr. Evol. Comput.*, vol. VI, no. 2, pp. 78–83, 2011.
- [10]. *Tingkat Jaminan Sistem Tenaga Listrik*, SPLN 68, 1986.
- [11]. *Keandalan pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV*, SPLN 59, 1985.