

# Analisis Penempatan *Recloser* untuk Mendapatkan Indeks Keandalan Terbaik Menggunakan Metode *Ant Colony Optimization* (ACO)

Atikah Zahrah Dwidana<sup>1)</sup>, Dian Yayan Sukma<sup>2)</sup>, Feranita<sup>2)</sup>

<sup>1,2)</sup>Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik Universitas Riau  
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293  
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau  
E-mail : [Atikah.zahrahdwidana@student.unri.ac.id](mailto:Atikah.zahrahdwidana@student.unri.ac.id)

## ABSTRACT

*The distribution system is an important part of the electrical energy distribution activities as directly connected to the customers. Therefore, the distribution system is always required to have good reliability. One of solution to increase reliability is using recloser in the medium voltage feeder. Optimal placement of recloser will be able to maximize reliability. In this researched, the author used a Ant Colony Optimizization method in determining the optimal position of recloser. Objective function is combining SAIFI and SAIDI. SAIFI and SAIDI are calculated using section technique method. Simulation calculations using MATLAB (Matrix Laboratory) programming. Program testing was carried out on the Gurami Feeder network at PT. PLN (Persero) ULP West City Pekanbaru Area which distributes electrical energy sourced from the Garuda Sakti Substation. Gurami feeder is a radial distribution network. Based on the application of the ACO method, the best position for placing the addition of a recloser on the main feeder before the distribution transformer is KB-0508 (100kVA). The addition of the recloser with the best position resulted in a reduction in the SAIDI value from the initial value of 16.647 hours/year to 14.040 hours/year and the SAIFI value from the initial value of 18.907 times/year to 15,928 times/year.*

*Keywords: reliability, ant colony optimizazition, section technique, recloser.*

## I. PENDAHULUAN

Secara garis besar proses penyaluran energi listrik terbagi menjadi dua bagian, yaitu saluran transmisi dan saluran distribusi. Diantara bagian tersebut, sistem jaringan distribusi merupakan bagian yang paling berpengaruh dengan beban atau pelanggan. Tingginya kebutuhan energi listrik dari permintaan berbagai sektor menjadi tanggung jawab dari jasa penyedia kelistrikan. PT. PLN (Persero) sebagai perusahaan yang menyediakan jasa listrik di Indonesia (Ismail & Herdjunanto, 2012).

Tingkat keandalan jaringan distribusi diukur oleh dua parameter, yakni SAIDI

(Standar Average Interruption Duration Index) dan SAIFI (Standar Average Interruption Frequency Index). Gangguan dan banyaknya pelanggan yang harus dilayani kelistriknnya menjadi hal utama dalam penyaluran energi listrik. Gangguan yang terjadi pada penyaluran energi listrik menyebabkan banyak pelanggan yang padam sehingga menurunkan tingkat keandalan jaringan distribusi (Setiawati, 2017).

Untuk meningkatkan keandalan jaringan distribusi dan meminimalisir pelanggan yang padam akibat gangguan dapat diatasi dengan menambahkan peralatan proteksi seperti *recloser* atau penutup balik

otomatis. *Recloser* adalah alat pemutus balik otomatis yang bekerja secara otomatis untuk dapat mengamankan sistem dari gangguan hubung singkat. *Recloser* yang dilengkapi dengan fungsi buka dan tutup secara otomatis sangat berguna untuk menghilangkan gangguan yang berkepanjangan pada sistem yang diakibatkan oleh keadaan gangguan temporer atau arus lebih tiba-tiba (*transient over current*). Namun peletakan *recloser* sebagai pemutus harus ditentukan pada tempat yang tepat sehingga meningkatkan daya gunanya dalam keandalan (Setiawati, 2017).

Algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) merupakan algoritma optimasi yang dikembangkan oleh Marco Dorigo dan terinspirasi dari sifat alam yang dimiliki oleh semut. Semut mempunyai feromon ditubuhnya dan dilepaskan ke tanah untuk menandai jalur dalam mencari makanan. Adapun tujuan pelepasan feromon ini bertujuan untuk mencari jalur terpendek dari sarang semut ke sumber makanan, sehingga koloni semut dapat memilih jalur terpendek dari beberapa jalur. Algoritma ACO sudah banyak diterapkan untuk penyelesaian dalam berbagai masalah (Leksono, 2009).

Penyulang Gurami merupakan salah satu penyulang di PT. PLN (Persero) ULP Kota Barat Area Pekanbaru yang menyalurkan energi listrik bersumber dari Gardu Induk Garuda Sakti. Pada tahun 2019 tercatat memiliki pelanggan 9.419 pelanggan dan memiliki 28 kali gangguan. Selain itu Penyulang Gurami/Subrantas pada tahun 2019 tidak memiliki peralatan proteksi seperti *recloser* dan menggunakan pemutus di pangkal (PMT GI). Hal tersebut berdampak jika terjadi gangguan, maka pelanggan yang padam adalah seluruh pelanggan pada penyulang. Oleh karena itu, hal ini dapat menurunkan tingkat keandalan

dan meningkatkan nilai SAIDI dan SAIFI dari jaringan sistem distribusi PT. PLN (Persero) ULP Kota Barat Area Pekanbaru.

Pada penelitian ini, penulis menjadikan Penyulang Gurami PT. PLN (Persero) ULP Kota Barat Area Pekanbaru sebagai objek penelitian. Penelitian ini ditujukan untuk menentukan titik pemasangan *recloser* pada Penyulang Gurami secara tepat dan efisien dengan memilih jalur terpendek yang menggunakan metode algoritma ACO, dimana dalam penerapan algoritma ACO ini menggunakan software MATLAB (*Matrix Laboratory*).

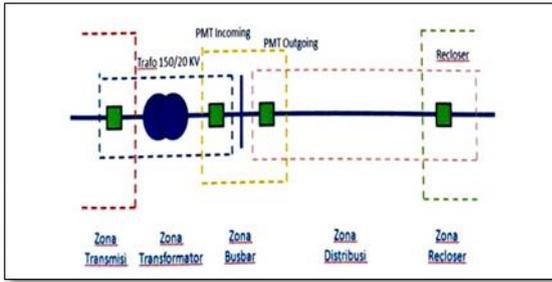
## II. LANDASAN TEORI

### 2.1 Proses Penyaluran Tenaga Listrik

Tujuan umum dari sistem distribusi jaringan tegangan menengah adalah menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari GI hingga ke konsumen dengan standart mutu yang baik.

### 2.2 Zona Pengaman

Pengamanan sistem tenaga listrik biasanya dikelompokkan pada bagian sistem yang dinamakan zona pengaman. Zona pengaman dimaksudkan sebagai daerah yang menjadi tanggungjawab suatu pola pengamanan. Pola pengamanan dapat melindungi setiap peralatan dari keadaan tidak normal dari sistem tenaga listrik. Zona pengamanan dirancang sedemikian rupa sehingga zona yang satu dengan yang lain didekatnya akan saling menutupi (*overlap*) seperti ditunjukkan pada Gambar 1, hal ini dimaksudkan agar tidak ada satu daerah dalam sistem tenaga listrik yang tidak mempunyai sistem pengaman (Setiawati, 2017).



**Gambar 1.** Zona Pengamanan Jaringan Distribusi (Setiawati, 2017)

### 2.3 Konfigurasi Sistem Distribusi

Pada penelitian ini, penulis mengambil konfigurasi jaringan distribusi radial sebagai objek penelitian.

### 2.4 Jaringan Distribusi Radial

Sistem radial merupakan bentuk jaringan distribusi primer yang paling sederhana dan paling murah dalam perawatannya. Dinamakan radial karena saluran ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu dan dicabangkan ke titik-titik beban yang dilayani. Sistem radial ini umumnya digunakan pada SUTM (Saluran Udara Tegangan Menengah) (Indra, 2016)

### 2.5 Keandalan Sistem Distribusi

Keandalan merupakan tingkat keberhasilan kinerja suatu sistem atau bagian dari sistem tenaga listrik untuk dapat memberikan hasil yang lebih baik pada periode waktu dan dalam kondisi operasi tertentu. Tingkat keandalan sistem distribusi dilihat berdasarkan suatu indeks dimana jika nilai indeks ini semakin kecil maka keandalannya semakin baik (Prima, 2015).

### 2.6 Parameter Keandalan

Tingkat keandalan suatu sistem distribusi dapat dihitung berdasarkan parameter keandalannya. Berikut parameter keandalan dari sistem distribusi listrik.

#### 1. Laju Kegagalan ( $\lambda$ )

Laju kegagalan ( $\lambda$ ) merupakan suatu nilai dari gangguan yang dihitung dalam waktu tertentu dan dihitung dalam satuan kegagalan pertahun (Prima, 2015).

$$\lambda = \frac{d}{T} \quad (1)$$

Keterangan:

$\lambda$  = laju kegagalan (Kegagalan/Tahun)

d = Banyak kegagalan yang terjadi

T = Jumlah waktu pengamatan (Tahun)

#### 2. Waktu Perbaikan (r)

Merupakan jumlah waktu yang dibutuhkan komponen dari saat awal mula terjadinya pemadaman hingga komponen tersebut bekerja normal kembali selama jumlah waktu pengamatan. Untuk menghitung *repair time* atau nilai  $\bar{r}$  (jam/kejadian) membutuhkan nilai waktu total kejadian dalam satuan jam dan banyak kegagalan yang terjadi (Prima, 2015).

$$\bar{r} = \frac{\sum_{i=1}^n r_i}{n} \quad (2)$$

Keterangan:

n = jumlah kali kejadian

$\bar{r}$  = rata rata *repair time* (jam/kejadian)

$r_i$  = *repair time* kejadian setiap komponen i (jam)

#### 3. Average Annual Outage

Parameter kegagalan menggunakan satuan jam/tahun. Dengan mengalikan nilai dari parameter laju kegagalan dengan *repair time*, dapat digunakan persamaan 3 sebagai berikut (Prima, 2015).

$$U = \lambda \times r \quad (3)$$

Keterangan:

$U$  = average annual outage (Jam/Tahun)

$\lambda$  = Laju kegagalan (Kegagalan/Tahun)

$r$  = repair time (Jam/Kejadian)

## 2.7 SAIFI (System Average Interruption Frequency Index)

*System Average Interruption Frequency Index* merupakan indeks yang digunakan untuk menilai tingkat keandalan listrik dimana indeks ini menghitung rata-rata jumlah pemadaman yang dirasakan per pelanggan dalam selang waktu tertentu (Prima, 2015).

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i \cdot N_i}{\sum N_i} \quad (4)$$

Keterangan:

$\sum \lambda_i \cdot N_i$  = jumlah perkalian antara *failure rate* dengan jumlah pelanggan komponen  $i$

$N_i$  = Jumlah Pelanggan pada Komponen  $i$

## 2.8 SAIDI (System Average Interruption Duration Index)

*System Average Interruption Duration Index* merupakan indeks yang digunakan untuk menilai tingkat keandalan listrik dimana indeks ini menghitung rata-rata durasi pemadaman yang dirasakan per pelanggan dalam selang waktu tertentu (Prima, 2015).

$$SAIDI = \frac{\sum U_i \cdot N_i}{\sum N_i} \quad (5)$$

Keterangan:

$\sum U_i \cdot N_i$  = jumlah perkalian antara durasi kegagalan dengan jumlah pelanggan komponen  $i$

$N_i$  = jumlah Pelanggan pada Komponen  $i$

## 2.9 Nilai $\lambda$ Peralatan Menurut SPLN NO. 68-2 : 1986

Tabel 1. Nilai  $\lambda$  SPLN NO.68-2 : 1986

Komponen	$\lambda$ (failure rate)	r (repair time) (jam)
trafo distribusi	0.005	10
circuit breaker	0.004	10
Sectionalizer	0.003	10
LBS	0.003	10

## 2.10 Keandalan Jaringan Distribusi Berdasarkan SPLN NO.68-2 : 1986

Tabel 2. Keandalan Jaringan SUTM Radial Tanpa PBO Berdasarkan SPLN NO.68-2 : 1986

SAIDI (jam/tahun)	SAIFI (kali/tahun)
127,4	19,4

Tabel 3. Keandalan Jaringan SUTM Radial Dengan PBO Berdasarkan SPLN NO.68-2 : 1986

SAIDI (jam/tahun)	SAIFI (kali/tahun)
41,76	7,9

## 2.11 Metode Section Technique

*Section Technique* merupakan suatu metode terstruktur untuk menganalisis suatu sistem. Metode ini dalam mengevaluasi keandalan sistem distribusi didasarkan pada bagaimana suatu kegagalan dari suatu peralatan mempengaruhi operasi sistem. Efek atau konsekuensi dari gangguan individual peralatan secara sistematis diidentifikasi dengan penganalisisan apa yang terjadi jika gangguan terjadi (Indra, 2016).

Kemudian masing-masing kegagalan

peralatan dianalisis dari semua titik beban (load point). Pendekatan yang dilakukan dari bawah ke atas dimana yang dipertimbangkan satu mode kegagalan pada suatu waktu. Indeks keandalan yang dihitung adalah indeks-indeks titik beban (load point) dan indeks-indeks sistem baik secara section maupun keseluruhan (Indra, 2016).

### 2.12 Recloser

*Recloser* merupakan suatu peralatan proteksi yang berfungsi untuk meminimalisir area yang terkena dampak gangguan (Dwi Puji Harianto, Tiyono, 2009).

### 2.13 Optimasi

Optimasi adalah suatu proses untuk mendapatkan hasil yang optimal (nilai efektif yang dapat dicapai) (Leksono, 2009).

### 2.14 Ant Colony Optimization (ACO)

*Ant Colony Optimization* (ACO) diadopsi dari perilaku koloni semut yang dikenal sebagai sistem semut. Semut mampu mengindra lingkungannya yang kompleks untuk mencari makanan dan kemudian kembali ke sarangnya dengan meninggalkan zat *pheromone* pada rute-rute yang mereka lalui. *Pheromone* adalah zat kimia yang berasal dari kelenjar endokrin dan digunakan oleh makhluk hidup untuk mengenali sesama jenis, individu lain, kelompok dan untuk membantu proses reproduksi. Proses peninggalan *pheromone* dikenal sebagai *stigmergy* (Aria Ghosal, 2018).

Seiring waktu jejak *pheromone* akan menguap dan akan mengurangi kekuatan daya tariknya. Lebih cepat setiap semut pulang pergi melalui rute tersebut, maka *pheromone* yang menguap lebih sedikit. Begitu pula sebaliknya jika semut lebih lama pulang pergi melalui rute tersebut, maka *pheromone* yang menguap lebih banyak (Aria Ghosal, 2018).

### 2.15 Fungsi Objektif Penempatan Recloser

Fungsi objektif yang digunakan dalam menyelesaikan optimasi ini adalah indeks keandalan yakni SAIFI dan SAIDI (Indra, 2016).

$$Fitness = \frac{1}{SAIDI \times SAIFI} \quad (6)$$

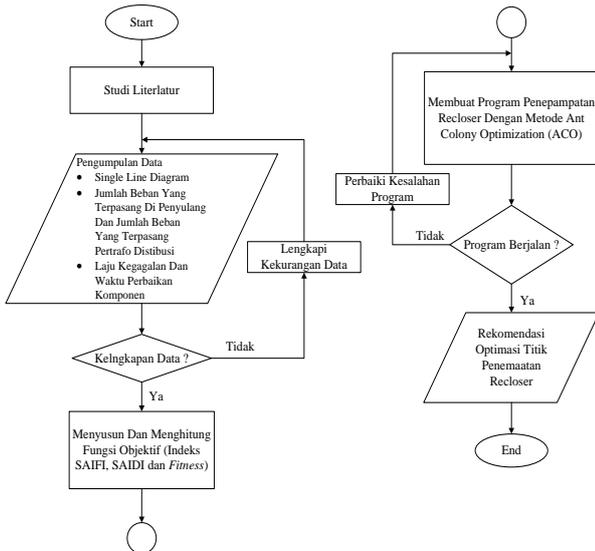
Berdasarkan persamaan 6 di atas dapat dilihat bahwa semakin kecil nilai SAIFI dan SAIDI maka nilai *fitness* akan semakin besar. Indeks SAIFI dan SAIDI ini akan dihitung menggunakan metode *section technique* (Indra, 2016).

## III. METODE PENELITIAN

Metode optimasi yang digunakan dalam menganalisis penempatan *recloser* pada sistem distribusi radial ini adalah metode *Ant Colony Optimization* (ACO). Sedangkan metode yang digunakan untuk menghitung keandalannya yaitu menggunakan metode *section technique*. Dimana Penyulang Gurami dibagi menjadi 6 *section*. Metode ACO terdiri dari beberapa tahapan yaitu inialisasi parameter, penyebaran semut, probabilitas memilih ruas, evaluasi pemilihan titik dan *update pheromone*.

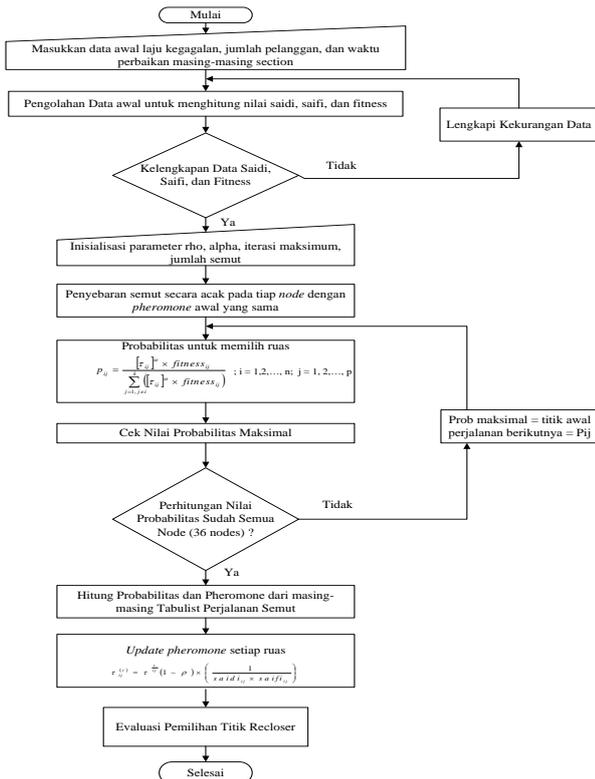
Data-data yang dibutuhkan untuk penelitian ini antara lain: diagram satu garis Penyulang Gurami, laju kegagalan, jumlah pelanggan dan waktu perbaikan masing-masing *load point*.

Langkah alur penelitian dapat dilihat dari gambar 2 berikut ini.



**Gambar 2.** Flowchart Alur Penelitian

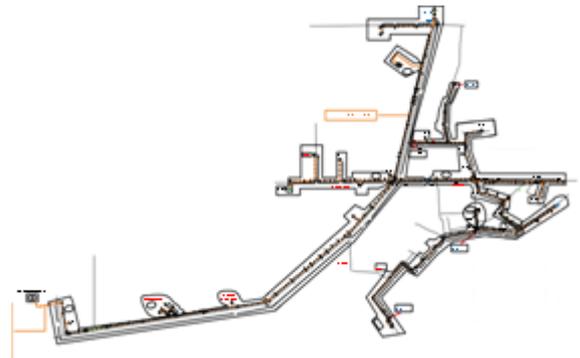
Sedangkan algoritma pemrograman *Ant Colony Optimization (ACO)* pada matlab dapat dilihat pada gambar 3.



**Gambar 3.** Algoritma Pemrograman ACO

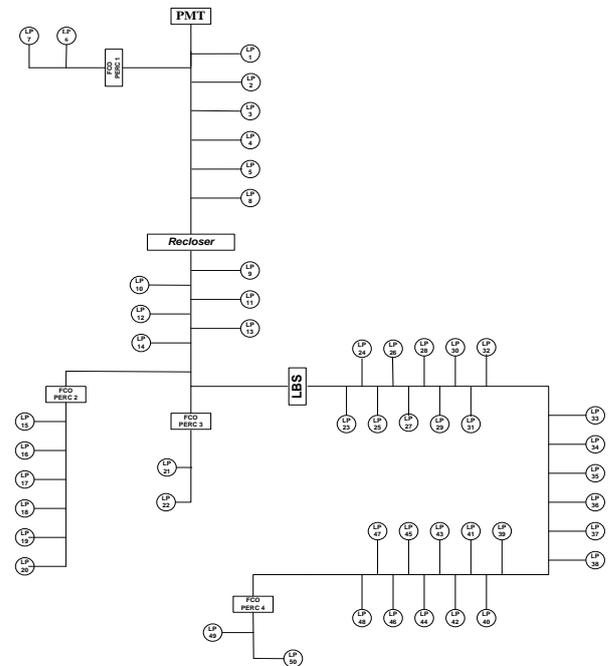
**IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN**  
Penguujian dan perhitungan dilakukan untuk melihat apakah program yang dibuat sudah sesuai dengan yang diinginkan atau belum. Keberhasilan program dilihat dari

kemampuannya dalam menentukan posisi *recloser* yang tepat dimana tingkat keandalan jaringan Penyulang Gurami dikatakan lebih handal setelah dipasangnya *recloser*. Berikut pada gambar.4 dibawah ini merupakan *Single Line Diagram* Penyulang Gurami dengan pembagian 6 section menggunakan metode *section technique*.



**Gambar 4.** Single Line Diagram (SLD) Penyulang Gurami

Untuk perhitungan pemilihan titik penempatan *recloser* berikut beberapa titik sebagai perbandingan untuk hasil nilai fungsi objektifnya.



**Gambar 5.** Skenario Posisi Penambahan *Recloser* pada Saluran Sebelum Trafo Distribusi KB-0508 (100kVA)



Pada gambar 7 diketahui setelah adanya penambahan *recloser*, maka Penyulang Gurami terbagi menjadi 7 *section*. Kemudian diperoleh perhitungan nilai indeks keandalan  $\alpha$  (Gangguan/Tahun) dan U (Jam /Tahun) pada setiap *section*. Kemudian nilai ini digunakan untuk menghitung nilai SAIDI dan SAIFI pada Penyulang Gurami.

**Tabel 8.** Laju Kegagalan dan Durasi Gangguan setiap *Section*

<i>Section</i>	Indeks Keandalan	
	$\alpha$ (Gangguan / Tahun)	U (Jam /Tahun)
1	11,13689944	9,806375236
2	0,70244918	0,643594256
3	2,043060107	1,819649912
4	0,061287432	0,081132855
5	8,57125245	7,546529632
6	3,094233877	2,760041296
7	0,411012021	0,387929982

**Tabel 9.** Keandalan Jaringan Penyulang Gurami dengan Metode *Section Technique*

SAIDI (jam/pelanggan/tahun)	SAIFI (kali/pelanggan/tahun)
15,333	17,401

Dari pemodelan penempatan *recloser* pada 3 titik diatas dapat dibandingkan nilai indeks keandalan jaringan pada tiap titik. Posisi Penambahan *recloser* pada saluran sebelum trafo distribusi KB-0508 (100kVA) nilai indeks keandalan SAIDI dan SAIFI nya lebih handal karena nilai nya lebih kecil dan ini bisa dikatakan mendekati nilai standar keandalan jaringan distribusi menurut SPLN NO.68-2 : 1986.

Kemudian langkah pertama untuk perancangan program algoritma ACO yang dilakukan yaitu menghitung nilai indeks keandalan Penyulang Gurami terlebih dahulu dengan menggunakan metode *Section Technique*. Setelah diperoleh nilai SAIDI sebesar 16,647 jam/tahun dan SAIFI sebesar 18,907 kali/tahun. Maka diketahui nilai nya

tidak handal Jika mengacu kepada standar yang ada di Indonesia SPLN 68-2: 1986. Maka langkah selanjutnya menganalisa penempatan *recloser* dengan menggunakan pemrograman ACO di matlab.

Adapun parameter algoritma ACO yang digunakan dalam program optimasi penempatan *recloser* ini adalah sebagai berikut.

- Jumlah semut : 36
- Nilai alpha : 1
- Nilai rho : 0,5
- Nilai *pheromone* awal : 0,0626

Hasil *running* program menggunakan matlab dapat dilihat pada gambar 8 berikut ini.

```

Command Window
37.0000    22.7974    20.0629
38.0000    22.7974    20.0629
39.0000    22.7974    20.0629
40.0000    22.7974    20.0629
41.0000    22.7974    20.0629
42.0000    22.7974    20.0629
43.0000    22.7974    20.0629
44.0000    22.7974    20.0629
45.0000    22.7974    20.0629
46.0000    22.7974    20.0629
47.0000    22.7974    20.0629
48.0000    22.7974    20.0629
49.0000    23.2084    20.4509
50.0000    23.2084    20.4509

saifi total    =    18.9070

saidi total    =    16.6467

Fitness        =    0.0032

Persentasi     =    0.3177

Iteration 1, R_TD_Terbaik = 9
Best saidi = 14.0369
Best saifi = 15.9274
Best Fitness = 0.0044728
Best Cost = 223.5715
fx >>

```

**Gambar 8.** Hasil *running* Program ACO

Dari gambar 8 diketahui bahwa titik terbaik untuk pemasangan *recloser* yaitu di saluran KB-0508 (100kVA). Untuk perolehan nilai *best* SAIDI 14,040 jam/tahun dan nilai *best* SAIFI 15,928 kali/tahun. Sedangkan untuk nilai fitnessnya yaitu 0,004471817.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

1. Penempatan *recloser* pada Penyulang PT. PLN (Persero) ULP Kota Barat Area Pekanbaru menurut perhitungan dalam penelitian ini didapatkan letak yang paling optimal berada pada feeder utama sebelum trafo distribusi KB-0508 (100kVA).
2. Dari optimasi penempatan *recloser* dengan menggunakan metode algoritma koloni semut diperoleh titik pemasangan *recloser* dimana nilai indeks keandalan sistem SAIDI nya mengalami reduksi dari nilai awal 16,647 jam/tahun menjadi 14,040 jam/tahun dan nilai indeks keandalan sistem SAIFI nya mengalami reduksi dari nilai awal 18,907 kali/tahun menjadi 15,928 kali/tahun.
3. Mengacu kepada standar yang ada di Indonesia yaitu SPLN 68-2: 1986 tentang keandalan Jaringan SUTM Radial dengan PBO memiliki nilai SAIDI 41,76 jam/tahun dan SAIFI 7,9 kali/tahun. Maka nilai SAIDI yang di peroleh setelah penambahan *recloser* nilainya lebih kecil sehingga dapat dikatakan lebih handal. Sedangkan nilai SAIFI yang diperoleh setelah penambahan *recloser* nilainya lebih besar dari standar yang ada sehingga dapat dikatakan belum handal.

### 5.2 Saran

Setelah penelitian dilakukan, untuk pengembangan metode ini terutama pada langkah pembuatan program kedepannya dalam proses perhitungan nilai data awal seperti nilai saidi, saifi dan *fitness* setiap *load point* di masukan ke dalam program dan

dijadikan bagian dari langkah dalam algoritma ACO.

Selain itu salah satu upaya lain yang bisa dilakukan agar diperoleh nilai SAIFI pada penyulang gurami lebih kecil dan mendekati nilai handal yaitu dengan menambahkan sebuah *recloser* lagi dengan metode pengembangan lainnya agar diperoleh nilai indeks SAIDI dan SAIFI Penyulang Gurami yang lebih mendekati handal dan efisien sehingga memenuhi standart keandalan PLN untuk jaringan tipe radial dengan PBO.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- Aria Ghosal, M. (2018). Optimasi Penempatan Recloser Pada Penyulang Rambipuji Gardu Induk Jember Menggunakan Metode Optimasi Algoritma Koloni Semut. Digital Repository Universitas Jember, Indonesia.
- Dwi Puji Harianto, Tiyono, S. (2009). No Title. Analisis Koordinasi Over Current Relay Dan Recloser Di Sistem Proteksi Feeder Gardu Induk Semen Nusantara (Snt 2) Cilacap, 1(1), 1–10.
- Indra, S. R. (2016). Kajian Penempatan Recloser pada Jaringan Distribusi Menggunakan Metode Algoritma Genetika Berdasarkan Keandalan Maksimum. 3(1), 1–6.
- Ismail, A. A., & Herdjunanto, S. (2012). Penerapan Algoritma Ant System dalam Menemukan Jalur Optimal pada Traveling Salesman Problem ( TSP ) dengan Kekangan Kondisi Jalan. 1(3), 1–6.
- Juliansyah, B., Wibowo, A. T., & Suliiyo, M. D. (2012). Analisis Dan Implementasi Ant Colony Optimization (Aco) Dalam Masalah Pemotongan Bahan (Cutting Stock Problem) Non Guillotine Dua Dimensi. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik Informatika, Universitas Telkom, Indonesia.
- Leksono, A. (2009). Algoritma Ant Colony Optimization (Aco) Untuk Menyelesaikan Traveling Salesman Problem (Tsp). Skripsi Sarjana,

Fakultas Matematika Dan Ilmu  
Pengetahuan Alam Universitas  
Diponegoro Semarang, Indonesia.

- Prabowo, A.T . (2013). Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV pada Penyulang Pekalongan 8 dan 11 . Jurnal Teknik UNDIP 2(4)
- Prima. 2015. Analisa Tingkat Keandalan Sistem Gardu Induk 13,8 kV 6DN Minas PT Chevron Pacific Indonesia dengan Metode Section Technique. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Indonesia.
- Richard E. Brown. (2009). Electric Power Distribution Reliability , CRC Press Taylor & Francis Group, United States of America. In Second Edition (Vol. 2).
- Setiawati, R. (2017). Kajian Penempatan Penambahan Recloser Menggunakan Metoda Algoritma Genetika Studi Kasus Penyulang Out Going Feeder 19 Bakti PT PLN (Persero). 4, 1–9