

# OPTIMASI PENEMPATAN RECLOSER UNTUK MEMPERBAIKI KEANDALAN PADA PENYULANG LEMBONGAN MENGGUNAKAN METODE PARTICLE SWARM OPTIMIZATION-FUZZY

Jaime Luis da Costa<sup>1</sup>, Rukmi Sari Hartati<sup>2</sup>, Widyadi Setiawan<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Udayana

Email: [jamesdacosta31@gmail.com](mailto:jamesdacosta31@gmail.com)<sup>1</sup>, [rshartati@unud.ac.id](mailto:rshartati@unud.ac.id)<sup>2</sup>, [widyadi@unud.ac.id](mailto:widyadi@unud.ac.id)<sup>3</sup>

## Abstrak

Di Bali khususnya Tiga Nusa, kebutuhan tenaga listrik semakin meningkat seiring dengan berkembangnya pembangunan terutama pembangunan resort dan hotel. Dalam penelitian ini diambil contoh kasus tahun 2014 mengenai sistem jaringan Penyulang Lembongan yang masih terpasang beberapa LBS (Load Break Switch) yang digunakan untuk melokalisir gangguan. Oleh karena itu, untuk mengantisipasi gangguan dan meningkatkan keandalan penyulang, salah satu caranya adalah dengan menambahkan penutup balik otomatis (recloser). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan lokasi recloser yang optimal pada Penyulang Lembongan dengan menggunakan metode gabungan fuzzy logic dan particle swarm optimization dengan bantuan software MATLAB. Hasil dari penelitian ini diperoleh lokasi terbaik recloser yang berada pada grup 5 yaitu daerah antara LBS SD 3, LBS Celagi Empak, dan LBS Lembongan dengan menambahkan satu recloser. Nilai SAIFI sebesar 1.9471 kali/ pelanggan/ tahun dan nilai SAIDI sebesar 1.4596 jam/ pelanggan/ tahun dimana standar parameter world class service untuk indeks keandalan SAIFI adalah 3 kali/ pelanggan/ tahun dan indeks keandalan SAIDI adalah 2.5 jam/ pelanggan/ tahun.

**Kata Kunci:** Keandalan, Recloser, Fuzzy Logic, Particle Swarm Optimization

## Abstract

In Bali, especially at Tiga Nusa, the need for electricity is increasing along with the development of the construction of resorts and hotels. In this study, a sample of cases was taken in 2014 regarding the Lembongan feeder network system which was still installed with several LBS (Load Break Switch) which used to localize interference. Therefore, to anticipate interference and improve the reliability of feeders, one of many ways is to add an automatic back cover (recloser). This study aims to determine the optimal recloser location in the Lembongan feeder by using a combined method of fuzzy logic and particle swarm optimization with the help of MATLAB software. The results of this study obtained the best location of the recloser in group 5, namely the area between LBS SD 3, LBS Celagi Empak, and LBS Lembongan by adding one recloser. The SAIFI value is 1,9471 times / customer / year and the SAIDI value is 1,4596 hours / customer / year where the world class service parameter standard for the SAIFI reliability index is 3 times / customer / year and the SAIDI reliability index is 2,5 hours / customer / year.

**Keywords:** Reability, Recloser, Fuzzy Logic, Particle Swarm Optimization

## 1. PENDAHULUAN

Meningkatnya pariwisata di Bali khususnya di Tiga Nusa (Pulau Nusa Penida, Pulau Nusa Lembongan, Pulau Nusa Ceningan) menyebabkan kebutuhan energi listrik juga semakin meningkat sehingga perlu ditingkatkan keandalannya. Suatu sistem

tenaga listrik dikatakan handal apabila nilai System Avarage Interruption Frequency Index (SAIFI) dan System Avarage Interruption Duration Index (SAIDI) kecil atau nilainya mendekati standar World Class Service (WCS) dimana parameter WCS untuk indeks keandalan untuk SAIFI adalah 3 kali/pelanggan/tahun dan untuk SAIDI adalah

2,5 jam/ pelanggan/ tahun [1]. Tingkat keandalan suatu sistem tenaga listrik juga dapat dilihat dari lamanya pemadaman dan seberapa sering pemadaman itu terjadi [2].

Penyulang Lembongan memakai sistem jaringan distribusi radial, dimana kelemahannya adalah *voltage drop* cukup besar dan bila terjadi gangguan dekat dengan sumber, maka semua beban saluran akan ikut padam sampai gangguan tersebut dapat teratasi. Berdasarkan data dari PT PLN (Persero) Area Bali Timur nilai indeks keandalan tahun 2014 untuk Penyulang Lembongan memiliki nilai SAIFI sebesar 76 kali/ pelanggan/ tahun dan nilai SAIDI sebesar 95,85 jam/ pelanggan/ tahun. Menurut informasi dari PT. PLN Area Bali Timur, gangguan pada Penyulang Lembongan sebagian besar diakibatkan oleh kondisi alam dan hewan disekitar jaringan distribusi. Peralatan pengaman yang terpasang pada penyulang ini terdiri dari beberapa *load break switch* (LBS) untuk melokalisir gangguan pada saluran [3]. Maka untuk mengantisipasi gangguan dan meningkatkan keandalan jaringan distribusi salah satunya dengan memasang *recloser* atau penutup balik otomatis.

Menentukan lokasi pemasangan *recloser* juga tidak pada sembarang titik melainkan harus dilakukan optimasi. Beberapa metode telah digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi penempatan *recloser*, salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Lesmana Putra tahun 2015 yaitu menggunakan metode kombinasi logika *fuzzy* dengan algoritma genetika untuk menentukan letak *recloser* yang optimal dengan hasil memilih nilai *fitness* tertinggi dari hasil *running* program menggunakan MATLAB sebagai posisi *recloser* yang optimal. Azwar Rachman pada tahun 2013, menggunakan *particle swarm optimization* (PSO) untuk menganalisis posisi *recloser* yang paling tepat dengan melakukan pengujian pada nilai SAIFI dan SAIDI. Berdasarkan hasil pengujiannya, nilai SAIFI dan SAIDI pada penyulang bisa tereduksi dengan penempatan *recloser* yang tepat [3][4].

Penelitian ini akan menentukan lokasi penempatan *recloser* dengan menggunakan metode yang berbeda dari penelitian sebelumnya yaitu menggunakan metode

gabungan *particle swarm optimization* (PSO) dengan *fuzzy logic*. Untuk simulasi program menggunakan bantuan *software* MATLAB. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan letak *recloser* yg optimal dengan berpatokan pada nilai *fitness* terbaik setelah dioptimasi dan sekaligus memperbaiki nilai SAIFI dan SAIDI pada Penyulang Lembongan.

## 2. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem Distribusi merupakan salah satu dari beberapa komponen dasar sistem tenaga listrik. Sistem distribusi berfungsi untuk menyalurkan energi listrik dari gardu induk ke konsumen. Berdasarkan pola konfigurasi jaringan primer pada suatu sistem distribusi dibagi menjadi beberapa bagian, salah satunya adalah jaringan distribusi pola radial [5]. Penyulang Lembongan menggunakan sistem jaringan distribusi radial karena merupakan jaringan distribusi yang paling sederhana dan saluran ini ditarik dari satu titik sumber dari jaringan itu sendiri dan bercabang pada titik beban yang dilayani.

### 2.1. Peralatan pada Sistem Distribusi

Jaringan distribusi yang baik adalah jaringan yang memiliki peralatan yang cukup lengkap, salah satu yang paling penting adalah peralatan proteksi. Untuk Jaringan distribusi sistem saluran udara, peralatan proteksi dipasangkan diatas tiang-tiang listrik. Peralatan-peralatan proteksi tersebut antara lain: penutup balik otomatis (PBO) atau *recloser*. *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*). Bila *recloser* mendeteksi adanya arus gangguan di daerah pengamannya maka *recloser* akan memutuskan arus (membuka kontaktor), kemudian dengan waktu tunda yang ditentukan secara otomatis akan menutup kembali kontak. Jika masih dirasakan adanya gangguan maka *recloser* akan bekerja

membuka dan menutup berturut-turut sampai 3 atau 4 kali langsung mengunci [6].

**2.2 Keandalan Sistem Tenaga Listrik.**

Laju kegagalan ( $\lambda$ ) merupakan nilai atau jumlah dari gangguan dalam suatu interval waktu tertentu. Di dalam menghitung laju kegagalan dari sebuah grup unit, biasanya menggunakan waktu total operasi dari unit daripada waktu kronologinya. Satuan laju kegagalan adalah kegagalan/ tahun. Persamaan laju kegagalan adalah sebagai berikut [1][5]:

$$\lambda = \frac{\text{jumlah kegagalan}}{\text{total waktu operasi unit}} \quad (1)$$

Ketidakterediaan ( $U$ ) merupakan durasi atau waktu lamanya gangguan dimana sistem tidak dapat menyuplai daya ke pelanggan. Satuan dari ketidakterediaan (*Unavailability*) adalah jam/tahun. Persamaan dari ketidakterediaan adalah sebagai berikut:

$$U = \frac{\text{laju kegagalan}}{\text{repair time}} \quad (2)$$

Untuk menghitung besarnya nilai keandalan biasanya digunakan indeks perkiraan angka keluar (*outage*) dan waktu perbaikan (*repair time*) dari masing-masing komponen sesuai dengan SPLN 59:1985. Perkiraan angka keluar (*outage*) dan waktu perbaikan (*repair time*) komponen sistem distribusi (trafo distribusi, pemutus tenaga, saklar pemisah) dinyatakan dalam tabel 1 serta tabel 2 untuk data kegagalan saluran udara tegangan menengah [6].

**Tabel 1.** Data  $\lambda$  dan  $r$  peralatan menurut SPLN

Komponen	Failure rate ( $\lambda$ )	Repair Time (r)
Trafo Dsistribusi	0,005/unit/tahun	10 jam
Circuit Breaker	0,004/unit/tahun	10 jam
Sectionalizer	0,003/unit/tahun	10 jam

**Tabel 2.** Data  $\lambda$  dan  $r$  SUTM menurut SPLN

<b>Sustained Failure Rate (<math>\lambda</math>/km/tahun)</b>	0,2
<b>Momentary Failure Rate (<math>\lambda</math>/km/tahun)</b>	0,003

<b>Repair Time (jam)</b>	3
--------------------------	---

Keandalan sistem seri merupakan probabilitas dimana semua komponen akan berperan secara serempak atau bersamaan agar sistem tersebut dapat beroperasi sebagaimana mestinya. Persamaan [3] dipakai untuk menghitung laju ke (3) sistem seri adalah sebagai berikut: (4)

$$\lambda_{sys} = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 \quad (4)$$

$$U_{sys} = \lambda_1 \cdot r_1 + \lambda_2 \cdot r_2 + \lambda_3 \cdot r_3 \quad (5)$$

$$r_{sys} = \frac{U_{sys}}{\lambda_{sys}} = \frac{\lambda_1 \cdot r_1 + \lambda_2 \cdot r_2 + \lambda_3 \cdot r_3}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3}$$

Keterangan:

$\lambda$  adalah laju kegagalan (*failure rate*)

$U$  adalah ketidakterediaan (*unavailability*)

$r$  adalah waktu perbaikan

Keandalan sistem paralel, suatu system yang disusun secara paralel akan mengalami pemadaman (mati) apabila semua komponen di dalam sistem mengalami kerusakan sebaliknya, jika hanya satu komponen saja yang rusak maka tidak akan menyebabkan sistem mati (padam). Persamaan yang dipakai untuk menghitung laju kegagalan sistem paralel adalah sebagai berikut:

$$\lambda_{sys} = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 (r_1 + r_2 + r_3) \quad (6)$$

$$r_{sys} = \frac{r_1 \cdot r_2 \cdot r_3}{r_1 + r_2 + r_3} \quad (7)$$

$$U_{sys} = \lambda_{sys} \cdot \lambda_{sys} = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 \quad (8)$$

**2.3 Indeks Keandalan Sistem Jaringan Distribusi**

Keandalan dari pelayanan konsumen dapat dinyatakan dalam beberapa indeks yang biasanya digunakan untuk mengukur keandalan dari suatu sistem. Indeks keandalan yang dipakai dalam penelitian ada 2 yaitu [7]:

- SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*). Merupakan jumlah rata-rata dari gangguan yang terjadi dalam satu tahun dan ditetapkan ke dalam bentuk persamaan [4]:

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i \cdot N_i}{\sum N_i} \quad (9)$$

- SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) Merupakan waktu kegagalan rata-rata dalam satu tahun untuk tiap pelanggan dan ditetapkan ke dalam bentuk persamaan [4] :

$$SAIDI = \frac{\sum U_i \cdot N_i}{\sum N_i} \quad (10)$$

Keterangan :

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

$\sum U_i \cdot N_i$  adalah jumlah perkalian antara durasi kegagalan dengan jumlah pelanggan komponen *i*.

$N_i$  adalah jumlah beban pada titik beban *i* (pelanggan)

$\lambda_i$  adalah laju kegagalan

$U_i$  adalah ketidakterediaan

## 2.4 Fuzzy Logic

Tujuan dari *fuzzy logic* dalam optimasi penempatan *recloser* adalah untuk memperkecil daerah yang akan dioptimasi sehingga nantinya akan mempermudah dan menjadi lebih efisien dalam optimasi menggunakan *particle swarm optimization*. *Fuzzy logic* digunakan untuk mendapatkan *section-section* kandidat terbaik yang dipengaruhi oleh jumlah pelanggan pada Penyulang Lembongan. Parameter yang digunakan dalam *fuzzy logic* ini adalah jumlah pelanggan pada Penyulang Lembongan. Pada kasus penelitian ini menggunakan dua masukan yaitu pelanggan *x* (masukan 1) diasumsikan sebagai jumlah pelanggan yang diselamatkan sebelum pemasangan *recloser* dan pelanggan *y* (masukan 2) diasumsikan sebagai pelanggan yang ada sesudah pemasangan *recloser*. Sedangkan untuk keluaran (nilai kandidat) pada *fuzzy logic* adalah nilai yang menunjukkan seberapa bagus solusi dari pembagian nilai antara pelanggan *x* dan pelanggan *y* apakah bagus atau jelek, yang nantinya hasil dari keluaran akan digunakan untuk menentukan grup mana saja yang akan diseleksi berdasarkan nilai tertinggi dari keluaran (nilai kandidat) yang akan dipakai pada proses optimasi menggunakan *particle swarm optimization* dengan bantuan

MATLAB *software*. Metode yang dipakai dalam *fuzzy logic* ini adalah metode *mamdani*. Proses kerja *fuzzy logic* untuk mendapatkan *section-section* kandidat terbaik ada beberapa tahapan operasional yaitu [8]:

- Fuzzyfikasi

Fungsi dari proses fuzzyfikasi adalah untuk mengubah suatu *input* (masukan) dari bentuk tegas (*crisp*) menjadi *fuzzy* (variabel linguistik) yang biasanya disajikan dalam bentuk himpunan-himpunan *fuzzy* dengan suatu fungsi keanggotaannya masing-masing.

- Mesin Inferensi

Adalah proses implikasi dalam menalar nilai masukan guna penentuan nilai keluar sebagai bentuk pengambil keputusan. Salah satu proses implikasi dalam menalar adalah model penalaran *max-min*. Dalam metode *mamdani*, aplikasi fungsi implikasi menggunakan fungsi MIN dan komposisi antar-*rule* menggunakan fungsi MAX (menghasilkan himpunan *fuzzy* baru)

- Basis Pengetahuan Fuzzy

Merupakan kumpulan *rule-rule fuzzy* dalam bentuk pernyataan *IF... THEN*

- Defuzzyfikasi (11)

Fungsi dari defuzzyfikasi adalah untuk mengubah keluaran *fuzzy* yang diperoleh dari mesin inferensi menjadi nilai tegas (*crisp*) menggunakan fungsi keanggotaan yang sesuai dengan saat dilakukan fuzzyfikasi. Pada metode *mamdani*, untuk mendapatkan nilai tersebut menggunakan metode *centroid* atau mencari bobot nilai kurva daerah *fuzzy* (*center of gravity*) dengan persamaan matematis seperti berikut:

$$z = \frac{\int_a^b x \mu_A(x) dx}{\int_a^b \mu_A(x) dx}$$

Keterangan:

$z$  adalah nilai defuzzyfikasi

$x$  adalah anggota himpunan *fuzzy* A

$\mu_A(x)$  adalah derajat keanggotaan suatu elemen  $x$  dalam suatu himpunan A

## 2.5 Particle Swarm Optimization

Tujuan dari *particle swarm optimization* pada penelitian ini adalah untuk menentukan

penempatan *recloser* yang tepat dalam melokalisasi gangguan pada Penyulang Lembangan berdasarkan pada nilai fitness terbaik serta mencari nilai SAIFI dan SAIDI menggunakan bantuan MATLAB *software*. Berikut merupakan proses langkah kerja dari *particle swarm optimization* [9]:

1. Menentukan ukuran *swarm* (populasi), nilai awal, dan kecepatan partikel secara random.
2. Mengevaluasi nilai fungsi tujuan pada setiap partikel
3. Menentukan nilai *Pbest* (posisi terbaik dari partikel) dan *Gbest* (posisi terbaik global dari keseluruhan kumpulan partikel)
4. Menghitung kecepatan baru pada iterasi selanjutnya dengan menggunakan persamaan [10]:

$$V_i^{k+1} = \theta_k V_i^k + c_1 r_1 (pbest_i^k - X_i^k) + c_2 r_2 (gbest_i^k - X_i^k) \quad (12)$$

Keterangan:

$V_i^k$  adalah kecepatan partikel  $i$  pada iterasi ke  $k$

$\theta_k$  adalah bobot inersia (*inertia weight*)

$r_1, r_2$  adalah bilangan random berdistribusi uniform antara 0-1

$c_1, c_2$  adalah bilangan konstan positif

$X_i^k$  adalah posisi partikel  $i$  pada iterasi  $k$ .

5. Menentukan posisi partikel baru pada iterasi selanjutnya dengan persamaan [10]:

$$x_{id}^{k+1} = x_{id}^k + v_{id}^{k+1} \quad (13)$$

6. Mengupdate nilai *Pbest* dan *Gbest*
7. Melakukan pengecekan apakah solusi sudah optimal atau belum. Jika sudah mendapatkan hasil yang optimal, maka proses algoritma akan berhenti, tetapi jika hasil yang didapat belum optimal maka proses akan diulangi kembali ke langkah nomor 4.

Parameter-parameter algoritma *particle swarm optimization* yang digunakan dalam optimasi penempatan *recloser*. Pada kasus penelitian ini, peneliti menentukan beberapa parameter dengan nilai seperti pada tabel 3.

**Tabel 3.** Parameter Algoritma *Particle Swarm Optimization*

No	Parameter	Nilai
1	Maximum Iterasi	600
2	Jumlah Partikel pada swarm	250
3	Bobot inersia	0,5
4	$C_1$ dan $C_2$	1,5

5	Batas Atas Interval (Ra)	7,5
6	Batas Bawah Interval (Rb)	0

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Analisis Penelitian

Pada analisis penelitian ini hal pertama yang dilakukan adalah melakukan pengumpulan semua data dari PT. PLN (Persero) Area Bali Timur. Setelah melakukan pengumpulan baru mulai ke tahap pengolahan data. Pada tahap mengolah data terdiri dari beberapa bagian yaitu sebagai berikut:

- Membagi Penyulang Lembangan berdasarkan data *one line diagram* menjadi 8 grup berdasarkan letak LBS (*load break switch*) guna mempermudah dalam perhitungan keandalannya yaitu untuk mencari nilai *failure rate*( $\lambda$ ) dan *unavailability* (U) masing-masing grup.
- Mencari nilai *failure rate* ( $\lambda$ ), waktu keluaran ( $r$ ), dan *unavailability* (U) *load point* masing-masing grup dengan menggunakan perhitungan *section technique method*.
- Mencari nilai SAIFI dan SAIDI Penyulang Lembangan.
- Inisialisasi nilai keanggotaan jumlah pelanggan  $x$  dan pelanggan  $y$  pada *fuzzy logic* berdasarkan data jumlah pelanggan yang ada pada Penyulang Lembangan.
- Mencari nilai kandidat (output) terbaik berdasarkan proses kerja *fuzzy logic* menggunakan bantuan MATLAB *software* untuk mendapatkan *section-section* kandidat nilai terbaik atau nilai kandidatnya besar yang nantinya akan diseleksi untuk proses optimasi menggunakan *particle swarm optimization*.
- Inisialisasi awal populasi (*swarm*) untuk membangkitkan nilai posisi (X) dan kecepatan (V) partikel (individu) awal secara acak.
- Dekode Individu (partikel)
- Evaluasi Individu (partikel) didapat dari nilai hasil dekode individu yang nantinya akan digunakan untuk mencari nilai SAIFI dan SAIDI.

- Update kecepatan dan posisi baru bertujuan untuk mencari solusi baru berdasarkan kecepatan individu sebelumnya.
- Melakukan pengecekan apakah solusi sudah optimal atau belum dengan berpatokan pada nilai SAIDI dan SAIFI serta nilai *fitness* terbaik (besar).

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Sistem Jaringan Distribusi pada Penyulang Lembongan.

Sistem jaringan distribusi pada Penyulang Lembongan merupakan sistem radial dengan panjang saluran utama penyulang yaitu 21.770 km. Penyulang Lembongan juga memiliki 50 buah trafo distribusi dengan total besar daya terpasang mencapai 6,110 kVA serta total jumlah pelanggan pada penyulang ini mencapai 4,877 pelanggan.

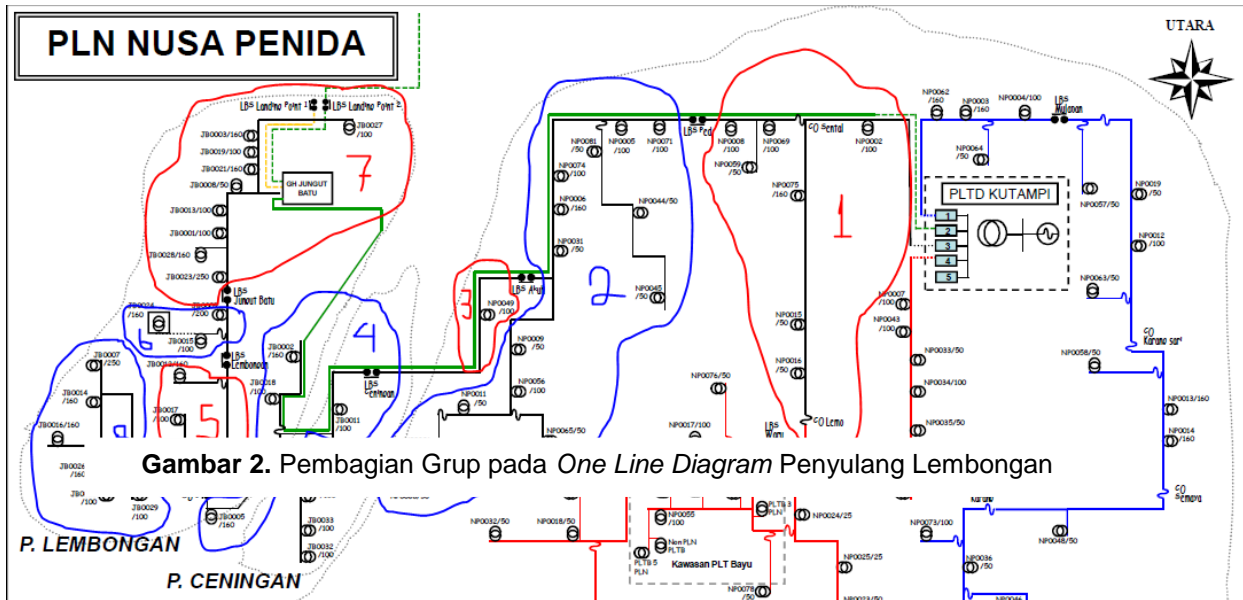
Berdasarkan data-data yang diperoleh dari PT PLN (Persero) Area Bali Timur pada tahun 2014 tercatat Penyulang Lembongan mengalami pemadaman sebanyak 76 kali/pelanggan/ tahun dengan total lama

pemadaman sebesar 95.85 jam/ pelanggan/ tahun. (PLN Distribusi Area Bali Timur).

Perhitungan nilai SAIDI dan SAIFI Penyulang Lembongan menggunakan metode *section technique*, hal pertama yang perlu dilakukan adalah menghitung nilai *failure rate* ( $\lambda$ ) dan nilai *unavailability* ( $U$ ) yang sudah dibagi berdasarkan LBS menjadi 8 grup. Langkah selanjutnya yaitu menghitung load point *failure rate* ( $\lambda$ ) dan *unavailability* ( $U$ ) masing-masing grup yang nantinya total keseluruhan grup akan dikalikan dengan jumlah pelanggan. Gambar pembagian grup berdasarkan letak LBS dapat dilihat pada *one line diagram* berikut:

##### 4.2 Fuzzy Logic

Proses optimasi *fuzzy logic* pada penelitian ini menggunakan metode mamdani yang bertujuan untuk memperkecil area yang akan dioptimasi dengan membagi daerah

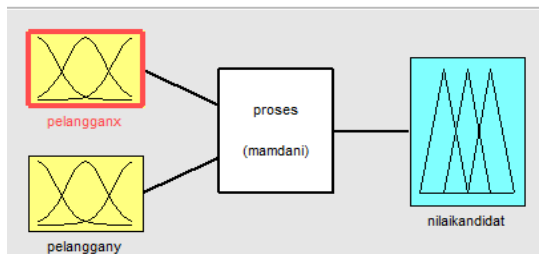


pada Penyulang Lembangan mejadi 8 grup berdasarkan letak LBS (*load break switch*).

Untuk mendapatkan *section-section* terbaik (grup yang diseleksi) harus melalui beberapa tahap yaitu sebagai berikut:

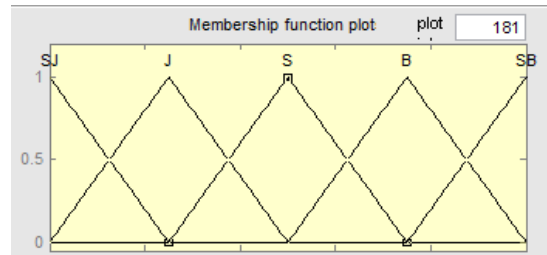
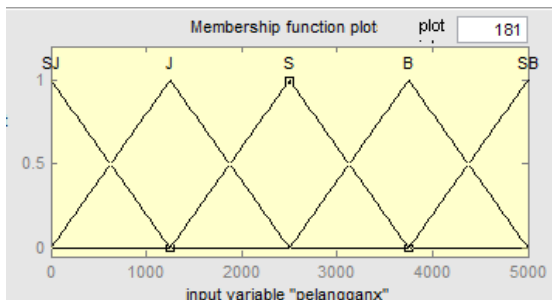
- Fuzzyfikasi

Proses fuzzyfikasi menggunakan dua masukan yaitu pelanggan  $x$  (masukan 1) diasumsikan sebagai jumlah pelanggan yang diselamatkan sebelum pemasangan *recloser* dan pelanggan  $y$  (masukan 2) diasumsikan sebagai pelanggan yang ada sesudah pemasangan *recloser*. Sedangkan pada keluaran (nilai kandidat) adalah nilai yang menunjukkan seberapa bagus solusi dari pembagian nilai antara pelanggan  $x$  dan pelanggan  $y$  apakah bagus atau tidak.

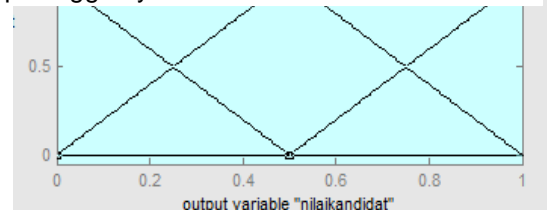


**Gambar 3.** Pemodelan fuzzy pada MATLAB pada FIS Editor

- Fungsi keanggotaan (*membership function*) digunakan untuk menentukan batasan (*range*) pada variabel dan menentukan nilai parameter input dan output pada setiap variabel. kurva yang dipakai pada *membership function* adalah kurva linier naik, kurva linier turun, dan kurva segitiga. Untuk nilai batasan dan parameter masing-masing variabel dapat dilihat pada gambar 4, 5, dan 6.



**Gambar 4.** Fungsi keanggotaan variabel pelanggan  $y$



**Gambar 6.** Fungsi keanggotaan variabel nilai kandidat

- Aplikasi Fungsi Implikasi

Pada metode *mamdani*, setelah diperoleh variabel masukan dan keluaran, langkah selanjutnya adalah menentukan aplikasi fungsi implikasi, bentuk umum fungsi implikasi yang biasa digunakan adalah *If...Then*. Berikut merupakan respon masukan pelanggan  $x$  dan pelanggan  $y$  pada mesin inferensi dapat dilihat pada tabel 4.

**Tabel 4.** Rule pada Mesin Inferensi

Pelangganx \ Pelangany	Pelangany				
	SB	B	S	J	SJ
SB	j	j	j	j	j
B	j	s	s	s	j
S	j	s	b	s	j
J	j	s	s	s	j
SJ	j	j	j	j	j

Keterangan:

- SB = Sangat Banyak    b = Bagus
- B = Banyak            s = Sedang
- S = Sedang            j = jelek
- J = Jarang
- SJ = Sangat Jarang

1. If (pelangganx is S) and (pelanggany is S) then (nilaikandidat is b) (1)
2. If (pelangganx is B) and (pelanggany is B) then (nilaikandidat is s) (1)
3. If (pelangganx is B) and (pelanggany is S) then (nilaikandidat is s) (1)
4. If (pelangganx is B) and (pelanggany is J) then (nilaikandidat is s) (1)
5. If (pelangganx is S) and (pelanggany is B) then (nilaikandidat is s) (1)
6. If (pelangganx is S) and (pelanggany is J) then (nilaikandidat is s) (1)
7. If (pelangganx is J) and (pelanggany is B) then (nilaikandidat is s) (1)
8. If (pelangganx is J) and (pelanggany is S) then (nilaikandidat is s) (1)
9. If (pelangganx is J) and (pelanggany is J) then (nilaikandidat is s) (1)
10. If (pelangganx is SB) and (pelanggany is SB) then (nilaikandidat is j) (1)
11. If (pelangganx is SB) and (pelanggany is B) then (nilaikandidat is j) (1)
12. If (pelangganx is SB) and (pelanggany is S) then (nilaikandidat is j) (1)
13. If (pelangganx is SB) and (pelanggany is J) then (nilaikandidat is j) (1)
14. If (pelangganx is SB) and (pelanggany is SJ) then (nilaikandidat is j) (1)
15. If (pelangganx is SJ) and (pelanggany is SJ) then (nilaikandidat is j) (1)
16. If (pelangganx is SJ) and (pelanggany is J) then (nilaikandidat is j) (1)
17. If (pelangganx is SJ) and (pelanggany is S) then (nilaikandidat is j) (1)
18. If (pelangganx is SJ) and (pelanggany is B) then (nilaikandidat is j) (1)
19. If (pelangganx is SJ) and (pelanggany is SB) then (nilaikandidat is j) (1)
20. If (pelangganx is B) and (pelanggany is SB) then (nilaikandidat is j) (1)
21. If (pelangganx is B) and (pelanggany is SJ) then (nilaikandidat is j) (1)
22. If (pelangganx is S) and (pelanggany is SB) then (nilaikandidat is j) (1)
23. If (pelangganx is S) and (pelanggany is SJ) then (nilaikandidat is j) (1)
24. If (pelangganx is J) and (pelanggany is SJ) then (nilaikandidat is j) (1)
25. If (pelangganx is J) and (pelanggany is SB) then (nilaikandidat is j) (1)

**Gambar 7.** Aturan-aturan pada basis pengetahuan fuzzy

- Agregasi Fuzzy

Setelah proses implikasi selesai, selanjutnya adalah proses penggabungan aturan-aturan fuzzy untuk mendapatkan daerah dari komposisi aturan-aturan yang digunakan. Pada metode mamdani, biasanya menggunakan nilai maksimum atau menggabungkan dari semua aturan yang digunakan.

- Defuzzifikasi

Proses defuzzifikasi merupakan tahap akhir dari fuzzy logic yaitu menggunakan metode titik tengah (*metode centroid*) dengan menggunakan persamaan 2.11. Proses ini peneliti memasukan data jumlah pelanggan x dan pelanggan y pada kolom input maka nilai kandidat (output) akan muncul secara otomatis diatas kurva nilai kandidat seperti pada gambar 8.



**Gambar 8.** Tampilan Rule Viewer pada MATLAB Software

Hasil dari proses *rule viewer* yang nantinya akan diseleksi section-section terbaik yang dilihat dari besarnya nilai kandidat (output) untuk dilanjutkan pada proses optimasi menggunakan *particle swarm optimization*. Hasil dari proses akhir *fuzzy logic* dapat dilihat pada tabel 5.

**Tabel 5.** Hasil Akhir Proses Fuzzy Logic pada MATLAB

Rangking	Pelanggan x	Pelanggan y	Nilai kandidat	Grup
1	2.199	2.678	0,655	4
2	2.110	2.767	0,623	3
3	3.065	1.812	0,550	5
4	3.571	1.306	0,501	6
5	3.808	1.069	0,494	7
6	826	4.051	0,471	2
7	4.711	166	0,289	8
8	0	4.877	0,165	1

Hasil akhir bisa dilihat bahwa grup yang tereliminasi adalah grup 1 dan grup 8 dikarenakan nilai kandidatnya kecil serta perbandingan nilai pelanggan yang kecil. Jadi



grup yang akan dilanjutkan pada proses optimasi menggunakan *particle swarm optimization* adalah grup 2 sampai dengan grup 7.

#### 4.3 PARTICLE SWARM OPTIMIZATION

Tujuan dari optimasi penempatan *recloser* dengan *particle swarm optimization* pada MATLAB yaitu untuk menentukan letak *recloser* yang optimal berdasarkan pada nilai fitness terbaik (besar) dan nilai SAIFI dan SAIDI kecil atau mendekati standar WCS (*World Class Service*). Pada penelitian ini menggunakan inputan berupa jumlah pelanggan dan nilai load point dari 6 grup yang diseleksi nilai kandidatnya menggunakan *fuzzy logic* pada Penyulang Lembongan. Adapun parameter-parameter algoritma *particle swarm optimization* yang dipakai dalam optimasi penempatan *recloser* yaitu bisa dilihat pada tabel 3.

Tahap pertama yang dilakukan dalam optimasi penempatan *recloser* menggunakan *particle swarm optimization* adalah inisialisasi populasi (*swarm*). Nilai populasi yang dimasukkan sebagai inputan adalah nilai  $\lambda$  dan  $U$  load point Penyulang Lembongan. Tujuannya untuk membangkitkan nilai posisi dan kecepatan individu (partikel) awal secara acak. Pada proses inisialisasi dibangkitkan 100 bilangan acak pada masing-masing individu yang nantinya akan ditransformasikan atau didekode menjadi 50  $\lambda$  dan 50  $U$  untuk masing-masing load point. Sedangkan untuk grup, dipilih salah satu grup secara acak yang akan menjadi lokasi *recloser*. Tahap selanjutnya adalah dekode individu (partikel) yang bertujuan untuk mentransformasikan nilai yang merentang dari 0-1 pada posisi individu kedalam nilai  $\lambda$  dan  $U$ . nilai rentang yang dimaksud adalah nilai rentang  $R_a$  (batas awal interval) dan  $R_b$  (batas bawah interval) yaitu berkisar antara 0 sampai 0,75. Setelah melalui tahap dekode individu, selanjutnya ke tahap proses evaluasi individu. Pada proses ini, nilai hasil dekode akan digunakan untuk mencari nilai SAIFI dan SAIDI. Selain itu, data pelanggan Penyulang Lembongan juga akan digunakan sebagai parameter untuk menentukan nilai SAIFI dan SAIDI. Untuk menghitung nilai SAIFI dan SAIDI digunakan 2.9 dan 2.10. setelah memperoleh nilai SAIFI dan SAIDI

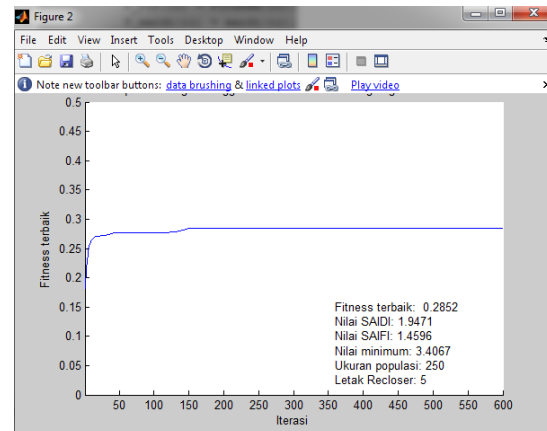
maka dilanjutkan dengan mencari nilai fitness dengan persamaan:

$$f(x) = \frac{1}{((SAIFI+SAIDI)+BilKecil)} \quad (14)$$

Bilangan kecil dimasukkan kedalam persamaan fitness agar nilai fitness tidak menjadi 1/0 karena pada penelitian ini diharapkan nilai SAIFI dan SAIDI akan kecil. Tahap selanjutnya yaitu update kecepatan dan update posisi baru dengan menggunakan persamaan 2.12 dan 2.13.

Selama proses optimasi berlangsung atau di *running* maka akan muncul nilai SAIFI dan SAIDI, fitness terbaik, nilai minimum, dan letak *recloser* pada display grafik program *particle swarm optimization*.

Hasil akhir optimasi penempatan *recloser* menggunakan metode *particle swarm optimization* untuk mencari letak *recloser* pada grup yang terdapat pada Penyulang Lembongan beserta display grafik MATLAB



dapat dilihat pada gambar 9 dan tabel 6.

**Gambar 9.** Grafik hasil *running* pada MATLAB Software

**Tabel 6.** Hasil Akhir Nilai SAIFI dan SAIDI menggunakan metode PSO

INDEKS	MATLAB (PSO)
SAIFI (kali/pelanggan/tahun)	1,4596
SAIDI (jam/pelanggan/tahun)	1,9471

Berdasarkan tabel 6 bisa dilihat bahwa nilai SAIFI sebesar 1,4596 kali/pelanggan/ tahun dan nilai SAIDI sebesar

1,9471 jam/ pelanggan/ tahun. Hal ini sesuai dengan teori bahwa penempatan *recloser* yang benar atau optimal dapat meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik. Dibuktikan dengan mendapat nilai SAIFI dan SAIDI lebih kecil dan sesuai standar parameter *world class service* (WCS) setelah dioptimasi menggunakan metode *particle swarm optimization-fuzzy*.

## 5. SIMPULAN

Berdasarkan hasil dari program *fuzzy logic* dan optimasi menggunakan metode *particle swarm optimization* pada MATLAB dapat disimpulkan bahwa letak *recloser* paling optimal berada pada grup 5 dengan nilai SAIDI sebesar 1,9471 jam/ pelanggan/ tahun dan nilai SAIFI sebesar 1,4596 kali/ pelanggan/ tahun. Perbandingan hasil optimasi antara metode gabungan *fuzzy logic* dengan *particle swarm optimization* dengan metode sebelumnya yaitu metode algoritma genetika maka dapat disimpulkan bahwa hasil nilai SAIFI dan SAIDI menggunakan metode *particle swarm optimization-fuzzy* lebih bagus (Lebih kecil) dibandingkan dengan metode algoritma genetika.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chowdhury. A. dan Koval. D., *Power Distribution System Reliability Practical Methods and Applications*, New Jersey, IEEE Press, 2009.
- [2] Short, Tom, *Electric Power Distribution Handbook*, Florida, 2004
- [3] Putra, I. M. Y. L. 2015. "Optimasi Penempatan Recloser Untuk Meningkatkan Keandalan Sistem Distribusi pada Penyulang Lembongan Menggunakan Metode Kombinasi Logika Fuzzy dengan Algoritma Genetika" (tugas akhir), Jimbaran: Universitas Udayana.
- [4] Rachman Azwar. 2013. "Optimasi Penempatan Recloser pada Sistem Distribusi Radial Penyulang Kedonganan Gardu Induk Nusa Dua Bali Menggunakan Particle Swarm Optimization" (tugas akhir), Jember: Universitas Jember.
- [5] Suhadi. dkk., *Teknik Distribusi Tenaga Listrik*, Jilid 1, Jakarta, Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
- [6] Brown.R., *Electric Power Distribution Reliability, Second Edition*, New York, CRC Press Tylor & Francis Group, 2009.
- [7] PT PLN (Persero), SPLN No. 59, *Keandalan pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV*, Jakarta, Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara, 1985.
- [8] Kusumadewi. S., *Analisa dan Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Toolbox Matlab*, Yogyakarta, Graha Ilmu, 2002.
- [9] Hsieh, H. I., Lee T. P., Lee, T. S., 2011. A Hybrid Particle Swarm Optimization and Support Vector Regression Model for Financial Time Series Forecasting. *International Journal of Business Administration* Vol.2, No. 2; May 2011
- [10] Kennedy J Ana Eberhart R, "Particle Swarm Optimizer," IEEE International Conference on Neural Network (Perth, Australia), IEEE Service Center Piscataway, NJ, IV, pp1942-1948, 1995.