

OPTIMASI PENEMPATAN RECLOSER TERHADAP KEANDALAN SISTEM TENAGA LISTRIK DENGAN ALGORITMA GENETIKA

Radiktyo Nindyo Sumarno
Dr. Ir. Hermawan, DEA
Wahyudi, ST., MT.

Abstract

Nowadays, the determination of recloser position has an important rule, especially in reliability of electrical power system. Parameter used in reliability electrical power system is SAIDI and SAIFI. SAIDI and SAIFI can be calculated from the outage time and the failure rate occurred in one year. Reliability can be concluded better if SAIDI and SAIFI smaller.

In this final project will be created simulation program. This program used for simulating optimum recloser position. The SAIDI and SAIFI data is result of failure rate and outage time calculation each electrical power system component. The electrical power system component consist of recloser, trafo, SUTM, FCO, and PMT. Programs will be created using algorithm genetic method with Matlab 7.6 programming.

The results of the experiments described that reliability electrical power system influenced by failure rate and outage time of electrical power system component. The value of SAIDI and SAIFI before recloser placement is smaller than the value of SAIDI and SAIFI after recloser placement. The first case is a case study on the feeder Randu Garut 5 Semarang. The second case is a case study on the feeder Srandol 5 Semarang. Optimum recloser position's for first case is section 6 has SAIDI 0,011646 hour/consumers.years and SAIFI 0,012267 failure/consumers.years. Optimum recloser position's for second case is combination section 2 and section 8 has SAIDI 0,00054297 hour/consumers.years and SAIFI 0,00088837 failure/consumers.years.

Keywords : SAIDI, SAIFI, Reliability, Failure Rate, and Outage Time.

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keandalan sistem adalah peluang suatu komponen atau sistem dalam memenuhi fungsi yang dibutuhkan dalam periode tertentu. Peningkatan kebutuhan tenaga listrik menuntut sistem distribusi tenaga listrik yang mempunyai tingkat keandalan yang baik. Pada sistem distribusi, kualitas keandalan dapat dilihat dari lamanya pemadaman dan seberapa sering pemadaman terjadi dalam satu satuan waktu, misalkan dalam satu tahun. Dengan tingkat keandalan yang sesuai dengan standar, masyarakat pengguna dapat menikmati energi listrik secara berkelanjutan.

Salah satu parameter kinerja manajemen di dunia kelistrikan adalah nilai *SAIDI* (*System Average Interruption Duration Index*) dan *SAIFI* (*System Average Interruption Frequency Index*) sistem jaringan distribusi. Nilai ini menunjukkan besarnya kegagalan atau pemadaman yang mengakibatkan pelanggan tidak mendapatkan layanan listrik. Nilai *SAIDI* dan *SAIFI* sistem yang semakin besar menunjukkan buruknya unjuk kerja manajemen. Nilai *SAIDI* dan *SAIFI* dipengaruhi oleh laju kegagalan sistem jaringan distribusi, yang

berasal dari probabilitas kegagalan peralatan-peralatan jaringan distribusi atau probabilitas kegagalan pada titik bebannya.

Fungsi recloser adalah sebagai alat untuk memperkecil daerah jaringan listrik yang terkena gangguan. Pemasangan recloser selama ini hanya berdasarkan jarak aman antara suatu recloser dengan komponen pemutus lainnya dan belum mempertimbangkan banyak pelanggan didaerah yang dilindungi. Berdasarkan data parameter kinerja recloser dan lokasi penempatan recloser dilakukan perhitungan nilai indeks keandalan dari tiap-tiap lokasi penempatan recloser sehingga diperoleh hasil yang optimal. Dari hasil perhitungan nilai keandalan sistem dapat digunakan sebagai dasar optimasi penempatan recloser menggunakan Algoritma Genetika untuk mendapatkan nilai keandalan yang maksimum.

1.2 Tujuan

Tujuan pembuatan tugas akhir ini adalah menganalisis penempatan recloser sehingga keandalan dapat optimal.

Hermawan, Wahyudi adalah dosen di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro (Undip) Semarang Jl. Prof. Soedarto, S.H. Tembalang Semarang 50275.

Radiktyo Nindyo Sumarno adalah mahasiswa di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro (Undip) Semarang Jl. Prof. Soedarto, S.H. Tembalang Semarang 50275.

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam pembuatan tugas akhir ini penulis membatasi permasalahan sebagai berikut :

1. Konfigurasi sistem tenaga listrik yang dianalisis berbentuk radial.
2. Data laju kegagalan dan waktu keluar komponen keandalan diambil dari buku referensi^[2].
3. Keandalan yang dianalisis hanya berdasarkan laju kegagalan, waktu keluar, *SAIDI* dan *SAIFI*.
4. Nilai laju kegagalan dan waktu keluar komponen tersebut sama untuk tiap jenis komponen yang sama dan tidak mempertimbangkan adanya gangguan sementara.
5. Menggunakan metode algoritma genetika dalam mencari solusi terbaik.

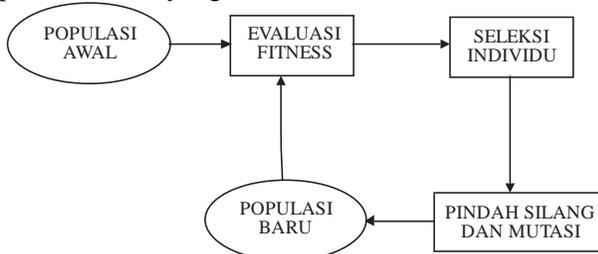
II DASAR TEORI

2.1 Algoritma Genetika^[5,6]

2.1.1 Dasar Algoritma Genetika

Teknik optimasi adalah suatu usaha atau kegiatan untuk mendapatkan hasil terbaik dengan persyaratan yang diberikan. Hasil yang di dapat yaitu usaha yang minimal dan keuntungan yang maksimal, usaha yang minimal dan hasil yang maksimal dapat digambarkan sebagai fungsi variabel, sedangkan optimasi di definisikan sebagai proses untuk mendapatkan fungsi tersebut.

Ilustrasi mengenai siklus 4 langkah yang diinspirasi dari proses biologi untuk proses algoritma genetika diatas dapat dilihat pada Gambar 1. Setiap siklus yang dilalui memunculkan generasi baru yang memungkinkan sebagai solusi bagi permasalahan yang ada.



Gambar 1 Siklus Algoritma Genetika

2.1.2 Operasi Algoritma Genetika

Proses yang ada dalam algoritma genetika sangat sederhana, yaitu hanya melibatkan penyalinan string dan pertukaran bagian string. Proses algoritma genetika pada umumnya melibatkan seleksi, pindah silang, dan mutasi.

2.1.2.1 Fungsi Evaluasi

Fungsi evaluasi yang baik harus mampu memberikan nilai *fitness* yang sesuai dengan kinerja

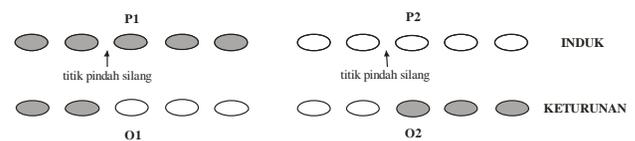
kromosom. Pada permulaan optimasi, biasanya nilai *fitness* masing-masing individu masih mempunyai rentang yang lebar. Seiring dengan bertambahnya generasi, beberapa kromosom mendominasi populasi dan mengakibatkan rentang nilai *fitness* semakin kecil. Hal ini dapat mengakibatkan konvergensi dini.

2.1.2.2 Seleksi

Meningkatnya tekanan seleksi akan berakibat pada minimnya keragaman populasi. Sebaliknya tekanan seleksi yang terlalu longgar membuat proses pencarian menjadi tidak efisien. Proses seleksi menghasilkan generasi selanjutnya. Kromosom-kromosom pada generasi selanjutnya mungkin berasal dari semua induk dan semua keturunan atau sebagian dari keduanya.

2.1.2.3 Pindah Silang

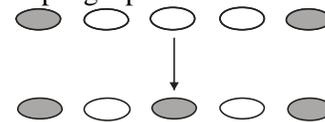
Pindah silang adalah operator genetika yang utama. Operator ini bekerja dengan mengambil 2 individu dan memotong string kromosom mereka pada posisi yang terpilih secara acak, untuk memproduksi dua segment *head* dan dua segment *tail*. Sebagai contoh adalah jika kita mengambil induk yang dipresentasikan dengan 5 dimensi vektor $(a_1, b_1, c_1, d_1, e_1)$ dan $(a_2, b_2, c_2, d_2, e_2)$ kemudian dilakukan *crossing* pada posisi ketiga kromosom-kromosomnya sehingga didapat keturunan $(a_1, b_1, c_2, d_2, e_2)$ dan $(a_2, b_2, c_1, d_1, e_1)$.



Gambar 2 Ilustrasi Operasi Pindah Silang Dalam Algoritma Genetika

2.1.2.4 Mutasi

Operator mutasi digunakan untuk melakukan modifikasi satu atau lebih nilai gen dalam individu yang sama. Mutasi memastikan bahwa probabilitas untuk pencarian pada daerah tertentu dalam persoalan tidak akan pernah nol dan mencegah kehilangan total materi genetika setelah pemilihan dan penghapusan.



Gambar 3 Ilustrasi Operasi Mutasi Algoritma Genetika

2.2 Keandalan^[5]

2.2.1 Indeks Keandalan

Indeks keandalan merupakan suatu indikator keandalan yang dinyatakan dalam suatu besaran probabilitas, yang terdiri dari dari indeks titik beban dan indeks sistem yang dipakai untuk memperoleh pengertian yang mendalam ke dalam keseluruhan kinerja.

Penyedia listrik paling sering menggunakan dua indeks, *SAIFI* dan *SAIDI*, untuk mengukur kinerja keandalan sistem tenaga listriknya. Karakteristiknya adalah frekuensi dan durasi gangguan selama periode pelaporan (biasanya tahun).

1. *SAIFI (System Average Interruption Frequency Index)*

$$SAIFI = \frac{\text{Jumlah konsumen yang mengalami gangguan}}{\text{Jumlah dari konsumen yang dilayani}}$$

Indeks ini didefinisikan sebagai jumlah rata-rata kegagalan yang terjadi per pelanggan yang dilayani oleh sistem per satuan waktu (umumnya per tahun). Indeks ini ditentukan dengan membagi jumlah semua kegagalan-pelanggan dalam satu tahun dengan jumlah pelanggan yang dilayani oleh sistem tersebut. Persamaan untuk *SAIFI* (rata-rata jumlah gangguan tiap pelanggan) ini dapat dilihat pada persamaan dibawah ini.

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_k M_k}{M} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- λ_k = laju kegagalan komponen(kegagalan/tahun)
- M_k = jumlah beban pada titik beban k(pelanggan)
- M = jumlah seluruh beban dalam satu sistem(pelanggan)

2. *SAIDI (System Average Interruption Duration Index)*

$$SAIDI = \frac{\text{Jumlah waktu gangguan dari semua konsumen}}{\text{Jumlah dari konsumen yang dilayani}}$$

Indeks ini didefinisikan sebagai nilai rata-rata dari lamanya kegagalan untuk setiap konsumen selama satu tahun. Indeks ini ditentukan dengan pembagian jumlah dari lamanya kegagalan secara terus menerus untuk semua pelanggan selama periode waktu yang telah ditentukan dengan jumlah pelanggan yang dilayani selama tahun itu.

$$SAIDI = \frac{\sum U_k M_k}{M} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

- U_k = ketidakterersediaan komponen(%/tahun)
- M_k = jumlah beban pada titik beban k(pelanggan)

M = jumlah seluruh beban dalam satu sistem(pelanggan)

SAIDI dihitung dalam satuan jam atau menit per tahun.

2.2.2 Pemodelan Jaringan Radial

Pada rangkaian radial murni, para pelanggan di ujung rangkaian mau tidak mau memiliki keandalan yang paling rendah. Pada rangkaian radial, kita dapat menganalisis keandalan menggunakan kombinasi seri dari unsur individu. Jika salah satu komponen seri antara gardu penyedia listrik dan pelanggan gagal, pelanggan akan kehilangan dayanya. Seri elemen dapat dikombinasikan sebagai

$$\lambda_s = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n \dots\dots\dots(3)$$

$$U_s = U_1 + U_2 + \dots + U_n = \lambda_1 r_1 + \lambda_2 r_2 + \dots + \lambda_n r_n$$

$$r_s = \frac{U_s}{\lambda_s} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana

λ = laju kegagalan, biasanya dalam bentuk gangguan per tahun

U = ketidakterersediaan(total waktu terjadi gangguan), biasanya dalam bentuk per unit atau %

r = rata-rata waktu perbaikan setiap gangguan, biasanya dalam per unit/tahun, %/tahun,jam atau menit

Subskrip S adalah total dari seri kombinasi, dan subskrip 1, 2, ... n menunjukkan parameter dari unsur-unsur individu. Laju kegagalan λ analog dengan *SAIFI*, U adalah analog dengan *SAIDI*, dan r adalah analog dengan *CAIDI*. Kita dapat menggunakan dasar ini untuk memperkirakan indeks untuk rangkaian radial.

Untuk meningkatkan keandalan untuk pelanggan, suplai distribusi paralel diperlukan. Menganalisis keandalan dari sistem yang saling berhubungan lumayan sulit. Beberapa teknik analisis tersedia, dan beberapa diantaranya cukup rumit. Dengan beberapa komponen secara seri dan paralel, kita dapat menemukan tingkat kegagalan dan durasi dengan menyederhanakan jaringan menggunakan seri atau paralel kombinasi unsur. Elemen paralel digabungkan dengan

$$\lambda_p = \frac{U_p}{r_p} \dots\dots\dots(5)$$

$$U_p = U_1 \times U_2 \times \dots \times U_n = \lambda_1 \times \dots \times \lambda_n \times r_1 \times \dots \times r_n$$

$$r_p = \frac{1}{1/r_1 + 1/r_2 + \dots + 1/r_n} \dots\dots\dots(6)$$

Misalkan untuk n=2,

$$\lambda_p = \frac{U_p}{r_p} = \lambda_1 U_2 + \lambda_2 U_1 = \lambda_1 \lambda_2 (r_1 + r_2)$$

Subskrip P adalah total dari kombinasi paralel. Perlu diketahui bahwa unit harus tetap sama: λ (laju kegagalan) memiliki satuan 1/years, sehingga waktu perbaikan, r , harus dalam satuan tahun. Biasanya, ini berarti membagi r oleh 8.760 jika r adalah dalam jam atau 525.600 jika r adalah dalam beberapa menit.

2.3 Automatic Circuit Recloser^[3]

Automatic Circuit Recloser atau Pemutus Balik Otomatis lebih dikenal dengan recloser pada dasarnya adalah *Circuit Breaker*/Pemutus Beban yang dilengkapi dengan Peralatan Kontrol/*Control Device*.

ACR mulai bekerja saat mendapat tegangan positif dari *Ground Fault Rele/GFR* yaitu ketika *GFR* bekerja memberikan perintah trip ke *CB*. Elemen yang start adalah elemen *DT* (*Dead Time Delay Element*), setelah beberapa waktu elemen *DT* menutup kontakannya dan memberi perintah masuk ke *CB* dan *mengenergize* elemen *BT* (*Blocking Time Delay Element*). Element *DT* ini segera membuka rangkaian *closing coil CB* sehingga *CB* tidak bisa *reclose*. Setelah beberapa waktu sesuai settingnya elemen *BT* akan reset yang berarti *DT* bekerja kembali siap untuk melakukan *reclosing* lagi.

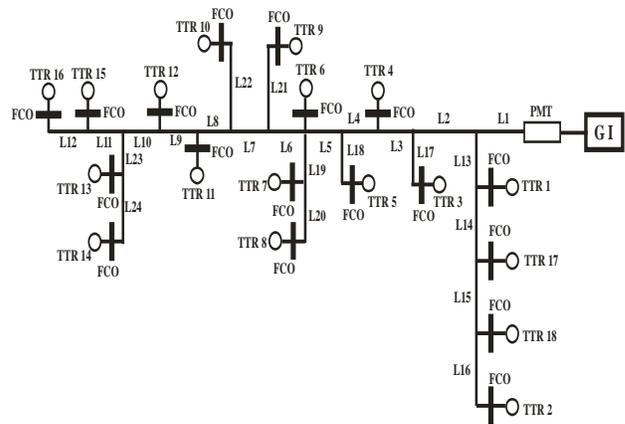
III PERANCANGAN SISTEM

Secara umum tujuan dari tugas akhir ini adalah jawaban dari pertanyaan bagaimana cara menempatkan recloser sehingga diperoleh hasil indeks keandalan yang terbaik setelah dipasang recloser tersebut. Analisis yang dilakukan pertama kali adalah mencari hubungan antara recloser dengan keandalan sistem tenaga listrik. Masing-masing peralatan listrik tegangan tinggi mempunyai nilai laju kegagalan peralatan dan waktu keluar peralatan. Nilai keandalan sistem tenaga listrik tersebut ditinjau dari nilai *SAIDI* dan *SAIFI*.

3.1 Pengambilan Data

3.1.1 SUTM Randu Garut 5

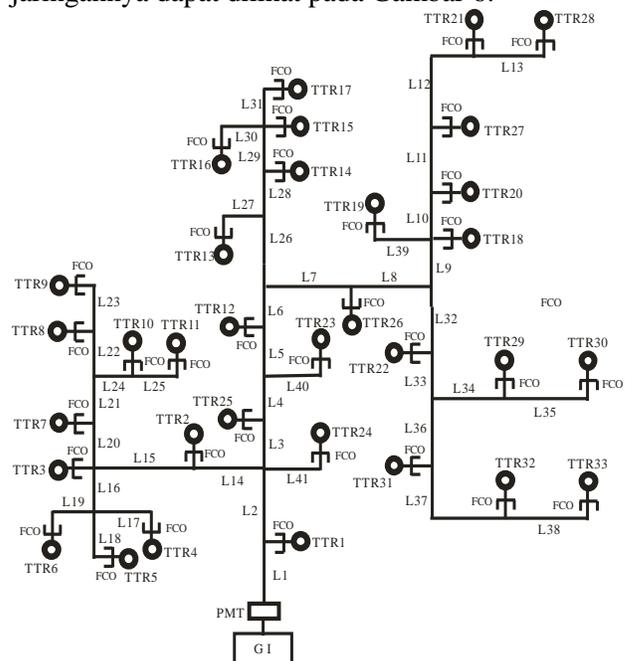
Bentuk jaringan yang dimodelkan dalam tugas akhir ini mengambil dari proyek penyusunan masterplan jaringan tegangan menengah APJ Semarang tahun 2009-2014. Untuk kasus yang sederhana mengambil model jaringan penyulang Randu Garut 5 di daerah Semarang Barat yang bentuk jaringannya dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Jaringan Penyulang Randu Garut 5
GI merupakan gardu induk Randu Garut. TTR merupakan transformator 3 fasa yang kapasitasnya antara 3x25kVA – 3x150kVA. L merupakan panjang SUTM Randu Garut dalam satuan kilometer. PMT merupakan pemutus tenaga listrik. FCO merupakan saklar pemutus section. L merupakan panjang SUTM Randu Garut dalam satuan kilometer.

3.2.1 SUTM Sronдол 5

Bentuk jaringan yang dimodelkan dalam tugas akhir ini mengambil dari proyek penyusunan masterplan jaringan tegangan menengah APJ Semarang tahun 2009-2014. Untuk kasus yang lebih kompleks, mengambil model jaringan penyulang Sronдол 5 di daerah Semarang Selatan yang bentuk jaringannya dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Jaringan Penyulang Sronдол 5

GI merupakan gardu induk Spondol. TTR merupakan transformator 3 fasa yang kapasitasnya antara 3x50 kVA – 3x500 kVA. L merupakan panjang SUTM Spondol dalam satuan kilometer. PMT merupakan pemutus tenaga listrik. FCO merupakan saklar pemutus *section*. L merupakan panjang SUTM Spondol dalam satuan kilometer.

3.2.2 Data λ dan r Komponen Keandalan

Dikarenakan tidak adanya data laju kegagalan dan waktu keluar komponen distribusi di Indonesia maka dalam tugas akhir ini, data laju kegagalan dan waktu keluar komponen distribusi mengambil dari buku referensi^[2].

Tabel 1 Data laju kegagalan dan waktu keluar masing-masing komponen

Komponen	λ (kegagalan/tahun)	r (jam/tahun)
SUTM	0,1	4
Transformator	0,01	5
Fuse Cut Out	0,009	2
Recloser	0,015	4
PMT	0,014	4

3.3 Pembuatan Program

Perancangan sistem optimasi ini menggunakan program Matlab 7.6 dengan metode optimasi algoritma genetika. Pembuatan program simulasi ini dibuat dalam 6 tahap, tahap pertama adalah bangkitkan populasi, tahap kedua adalah hitung *fitness*, tahap ketiga adalah *linear fitness ranking*, tahap keempat adalah *roulette wheel*, tahap kelima adalah pindah silang, dan tahap keenam adalah mutasi. Fungsi objektif penyelesaian optimasi ini dapat dilihat pada persamaan 7 dan 8. Fungsi *fitness* penyelesaian optimasi ini dapat dilihat pada persamaan 9.

$$SAIDI = \frac{\lambda_{TTR1} \cdot r_{TTR1} \cdot tLP_m + \dots + \lambda_n \cdot r_n \cdot tLP_n}{tLP_1 + \dots + tLP_m + \dots + tLP_n} \dots \dots \dots (7)$$

$$SAIFI = \frac{\lambda_{TTR1} \cdot tLP_m + \dots + \lambda_n \cdot tLP_n}{tLP_1 + \dots + tLP_m + \dots + tLP_n} \dots \dots \dots (8)$$

$$f(x) = \frac{1}{SAIDI \cdot SAIFI} \dots \dots \dots (9)$$

Dimana:

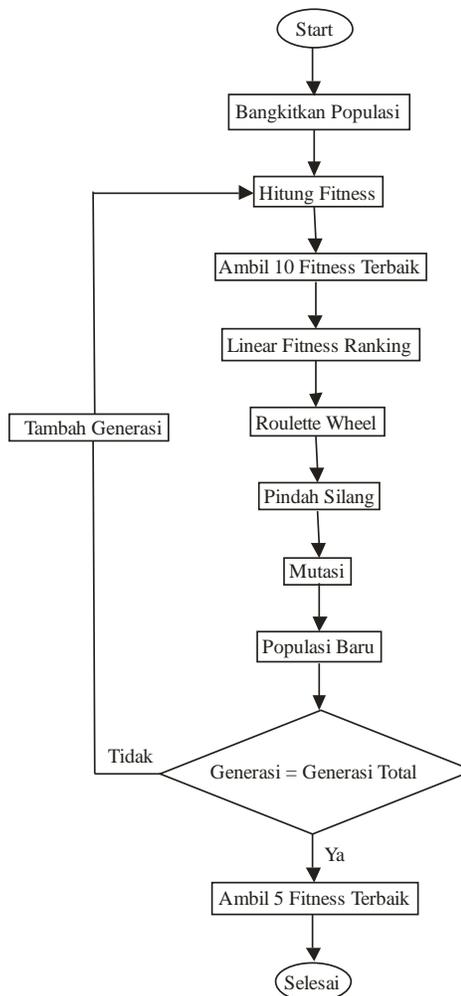
$f(x)$ = Fungsi *Fitness*

λ_{TTR} = Laju Kegagalan Sistem Ditinjau Dari Trafo Tiga Fasa TTR (kegagalan/tahun)

r_{TTR} = Waktu Keluar Sistem Ditinjau Dari Trafo Tiga Fasa TTR (%/tahun)

Penggunaan fungsi diatas bertujuan untuk meminimalkan nilai *SAIDI* dan *SAIFI* sehingga diperoleh pemodelan keandalan yang terbaik.

Secara umum pembuatan program simulasi ini dapat mengikuti diagram alir sebagai berikut.



Gambar 7 Diagram Alir Pembuatan Program

IV PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian terhadap sistem ini dilakukan dengan tujuan agar dapat diketahui apakah sistem yang dibuat dalam program ini sudah berjalan sesuai dengan yang diinginkan atau belum. Keberhasilan program diukur dari kemampuannya untuk menganalisis posisi recloser yang paling tepat sehingga diperoleh keandalan sistem tenaga listrik yang paling optimum berdasarkan nilai *SAIDI* dan *SAIFI* yang dihasilkan oleh laju kegagalan komponen, waktu keluar komponen dan jumlah pelanggan tiap titik beban.

4.1 Pengujian Kasus 1

Pengujian ini diawali dengan menentukan nilai dari laju kegagalan recloser, laju kegagalan transformator, laju kegagalan SUTM, laju kegagalan FCO, laju kegagalan PMT, waktu keluar recloser, waktu keluar transformator, waktu keluar SUTM, waktu keluar FCO, dan waktu keluar PMT. Pada setting awal dari nilai-nilai laju kegagalan dan waktu keluar sudah diatur dengan nilai 0,015 kegagalan/tahun untuk laju kegagalan, 4 jam/kegagalan untuk waktu keluar recloser, 0,01 kegagalan/tahun untuk laju kegagalan transformator, 5 jam/kegagalan untuk waktu keluar transformator, 0,1 kegagalan/tahun untuk laju kegagalan SUTM, dan 4 jam/kegagalan untuk waktu keluar SUTM, 0,009 kegagalan/tahun untuk laju kegagalan FCO, 2 jam/kegagalan untuk waktu keluar FCO, 0,014 kegagalan/tahun untuk laju kegagalan PMT, dan 4 jam/kegagalan untuk waktu keluar PMT. Hasil Pengujian ditunjukkan seperti pada Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6 dibawah ini.

Tabel 2 Hasil Kasus 1 dengan peluang pindah silang sebesar 0,6.

No.	Section	Fitness	SAIDI	SAIFI
1	6	7000,1018	0,011646	0,012267
2	6	7000,1018	0,011646	0,012267
3	10	6996,5288	0,011644	0,012275
4	7	6980,6678	0,011654	0,012292
5	5	6943,8722	0,011716	0,012292

Tabel 3 Hasil Kasus 1 dengan peluang pindah silang sebesar 0,7.

No.	Section	Fitness	SAIDI	SAIFI
1	6	7000,1018	0,011646	0,012267
2	6	7000,1018	0,011646	0,012267
3	10	6996,5288	0,011644	0,012275
4	7	6980,6678	0,011654	0,012292
5	3	6848,4758	0,011817	0,012357

Tabel 4 Hasil Kasus 1 dengan peluang pindah silang sebesar 0,8.

No.	Section	Fitness	SAIDI	SAIFI
1	6	7000,1018	0,011646	0,012267
2	10	6996,5288	0,011644	0,012275
3	7	6980,6678	0,011654	0,012292
4	7	6980,6678	0,011654	0,012292
5	7	6980,6678	0,011654	0,012292

Tabel 5 Hasil Kasus 1 dengan peluang pindah silang sebesar 0,9.

No.	Section	Fitness	SAIDI	SAIFI
1	6	7000,1018	0,011646	0,012267
2	6	7000,1018	0,011646	0,012267
3	6	7000,1018	0,011646	0,012267
4	10	6996,5288	0,011644	0,012275
5	5	6943,8722	0,011716	0,012292

Tabel 6 Hasil Kasus 1 dengan peluang pindah silang sebesar 1.

No.	Section	Fitness	SAIDI	SAIFI
1	6	7000,1018	0,011646	0,012267
2	6	7000,1018	0,011646	0,012267
3	6	7000,1018	0,011646	0,012267
4	6	7000,1018	0,011646	0,012267
5	6	7000,1018	0,011646	0,012267

Dari hasil pengujian pada Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6 didapatkan nilai yang bervariasi dikarenakan sistem optimasi menggunakan algoritma genetika yang membangkitkan bilangan random. Hasil pengujian yang mempunyai nilai *fitness* tertinggi adalah posisi 6 (*section 6*) dengan nilai *SAIDI* sebesar 0,011646 jam/pelanggan.tahun dan nilai *SAIFI* sebesar 0,012267 kegagalan/pelanggan.tahun. Nilai *SAIDI* dan *SAIFI* ketika belum dipasang recloser adalah 0,011634 jam/pelanggan.tahun dan 0,012242 kegagalan/pelanggan.tahun.

4.2 Pengujian Kasus 2

Pengujian kasus 2 dilakukan dengan variasi peluang pindah silang sebanyak 5 variasi. Pengujian dilakukan dengan peluang mutasi sebesar 0,008, dan jumlah generasi sebesar 20. Hasil Pengujian ditunjukkan seperti pada Tabel 7, Tabel 8, Tabel 9, Tabel 10, dan Tabel 11 dibawah ini.

Tabel 7 Hasil Kasus 2 dengan peluang pindah silang sebesar 0,6.

No.	Section	Fitness	SAIDI	SAIFI
1	8dan13	1881328,4050	0,00058403	0,00091013
2	4 dan 7	1833002,4225	0,00058935	0,00092569
3	4 dan 5	1624471,3541	0,00064301	0,00095735
4	12dan13	1601910,8886	0,00066274	0,00094193
5	2 dan 11	1601898,5930	0,00066274	0,00094194

Tabel 8 Hasil Kasus 2 dengan peluang pindah silang sebesar 0,7.

No.	Section	Fitness	SAIDI	SAIFI
1	6 dan 8	2031575,3631	0,00054506	0,00090307
2	2 dan 7	1914311,8156	0,00058087	0,00089931
3	2 dan 7	1914311,8156	0,00058087	0,00089931
4	3 dan 8	1904933,9904	0,00057782	0,0009085
5	8dan13	1881328,4050	0,00058403	0,00091013

Tabel 9 Hasil Kasus 2 dengan peluang pindah silang sebesar 0,8.

No.	Section	Fitness	SAIDI	SAIFI
1	2 dan 6	2071582,4504	0,00054164	0,00089122
2	6 dan 8	2031575,3631	0,00054506	0,00090307
3	4 dan 8	1980057,9816	0,00055159	0,0009156
4	2dan13	1916850,1431	0,00058064	0,00089847
5	3 dan 8	1904933,9904	0,00057782	0,0009085

Tabel 10 Hasil Kasus 2 dengan peluang pindah silang sebesar 0,9.

No.	Section	Fitness	SAIDI	SAIFI
1	2 dan 8	2073151,6305	0,00054297	0,00088837
2	2 dan 8	2073151,6305	0,00054297	0,00088837
3	2 dan 6	2071582,4504	0,00054164	0,00089122
4	4 dan 8	1980057,9816	0,00055159	0,00091560
5	2 dan 3	1940983,0894	0,00057445	0,00089686

Tabel 11 Hasil Kasus 2 dengan peluang pindah silang sebesar 1.

No.	Section	Fitness	SAIDI	SAIFI
1	2 dan 8	2073151,6305	0,00054297	0,00088837
2	6 dan 8	2031575,3631	0,00054506	0,00090307
3	2 dan 4	2018142,1519	0,00054834	0,00090365
4	2 dan 7	1914311,8156	0,00058087	0,00089931
5	7 dan 8	1878958,0972	0,00058425	0,00091093

Dari hasil pengujian pada Tabel 7, Tabel 8, Tabel 9, Tabel 10, dan Tabel 11 didapatkan nilai yang bervariasi dikarenakan sistem optimasi menggunakan algoritma genetika yang membangkitkan bilangan random. Hasil pengujian yang mempunyai nilai *fitness* tertinggi adalah kombinasi posisi 2 (*section* 2) dan posisi 8 (*section* 8) dengan nilai *SAIDI* sebesar 0,00054297 jam/pelanggan.tahun dan nilai *SAIFI* sebesar 0,00088837 kegagalan/pelanggan.tahun. Nilai *SAIDI* dan *SAIFI* ketika belum dipasang recloser adalah 0,00053958 jam/pelanggan.tahun dan 0,0008767 kegagalan/pelanggan.tahun.

V PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Bentuk jaringan penyulang tenaga listrik berpengaruh terhadap nilai *SAIDI* dan *SAIFI* sistem tenaga listrik.
2. Letak recloser yang optimum untuk kasus pertama adalah posisi 6 (*section* 6) dengan nilai *SAIDI* sebesar 0,011646 jam/pelanggan.tahun dan nilai *SAIFI* sebesar 0,012267 kegagalan/pelanggan.tahun.
3. Letak recloser yang optimum untuk kasus kedua adalah kombinasi posisi 2 (*section* 2) dan posisi 8 (*section* 8) dengan nilai *SAIDI* sebesar 0,00054297 jam/pelanggan.tahun dan nilai *SAIFI* sebesar 0,00088837 kegagalan/pelanggan.tahun.
4. Optimasi dengan algoritma genetika dapat menghasilkan beberapa solusi terbaik untuk masing-masing kasus.

5.2 SARAN

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Dapat dikembangkan untuk tipe jaringan listrik yang lain seperti tipe jaringan loop dan tipe jaringan spindel.
2. Dapat dikembangkan untuk perhitungan *ASIDI* dan *ASIFI*.
3. Perlu dikembangkan untuk analisis dengan nilai laju kegagalan dan waktu keluar yang berbeda untuk masing-masing komponen.
4. Perlu dikembangkan untuk analisis dengan nilai laju kegagalan dan waktu keluar yang berbeda untuk masing-masing komponen.
5. Perlu dikembangkan untuk analisis yang mempertimbangkan fungsi recloser yang bisa mengatasi gangguan sementara.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A.Pregelj, M.Begovic, A.Rohatgi, and D.Novosel, *On Optimization of Reliability of Distributed Generation-Enhanced Feeders*, Proceedings of the 36th HICSS, 2002.
- [2] Brown, *Electric Power Distribution Reliability*, MARCEL DEKKER INC, New York, 2002.
- [3] Kunto Herwin Bowo, *Analisis Penggunaan Recloser 3 Fasa 20 kV untuk Pengaman Arus Lebih di Penyulang Sronol 4*, Laporan Tugas Akhir Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro, 2006.
- [4] Short, Tom, *Electric Power Distribution Handbook*, Florida, 2004.
- [5] Son Kuswandi, *Kendali Cerdas*, Penerbit ANDI, Yogyakarta, 2007.
- [6] Sumardi, *Bahan Ajar Teknik Optimasi*, Semarang, 2006.
- [7] Sukerayasa, *Evaluasi Keandalan Penyulang Konfigurasi Radial dan Spindel*, Teknologi Elektro Vol.6 No.3, 2007.
- [8] Sukerayasa et al, *Penentuan Angka Keluar Peralatan Untuk Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik*, Teknologi Elektro Vol.6 No.2, 2007.
- [9] Suyanto, *Algoritma Genetik dalam MATLAB*, Penerbit ANDI, Yogyakarta, 2005.