



**PENGOPTIMALAN TATA LETAK RECLOSER JARINGAN  
DISTRIBUSI PT PLN RAYON SURITANI KECAMATAN ROGOJAMPI  
BANYUWANGI TERHADAP SISTEM KEANDALAN LISTRIK  
BERBASIS ALGORITMA GENETIKA**

**SKRIPSI**

Oleh  
Dio Firman Pangestu  
NIM. 151910201059

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2022**





**PENGOPTIMALAN TATA LETAK RECLOSER JARINGAN  
DISTRIBUSI PT PLN RAYON SURITANI KECAMATAN  
ROGOJAMPI BANYUWANGI TERHADAP SISTEM KEANDALAN  
LISTRIK BERBASIS ALGORITMA GENETIKA**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan  
Program Studi Teknik Elektro (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Dio Firman Pangestu

NIM. 151910201059

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2022**

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, atas berkat rohmat Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah melimpahkan kasih sayang-Nya, akhirnya penelitian ini dapat terselesaikandengan baik. Karya ini merupakan sebuah langkah awal menuju kesuksesan yang yang besar. Pada akhirnya, penulis mempersembahkan karya ini kepada :

1. Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang;
2. Nabi besar Muhammad Rasulullah SAW.
3. Orangtua tercinta, Ayah saya Suyatno dan Ibu saya Sri Setiti atas kasih sayang, pengorbanan dan kesabaran yang tiada tara serta doa yang selalu menyertai;
4. Bapak Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. selaku pembimbing utama dan Bapak Samsul Bachri M., S.T., MMT. Selaku pembimbing anggota yang telah meluangkan waktu dan fikiran serta perhatiannya untuk membimbing sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik;
5. Almamater kampus tercinta Universitas Jember;
6. Teman – teman dari pesenkopi. Jember baik yang sekarang masih dikedai ataupun yang sudah purna, terimakasih atas bantuan dan semangat yang selalu diberikan untuk menjalani hari dan menyelesaikan tanggung jawab yang ada.
7. Teman – teman yang selalu menghabiskan waktunya dengan saya selama dijember ini Mba Diyah, Aufar, Viola, Tama dan Satria terimakasih selalu memberikan semangat.
8. Dan seluruh teman-teman penulis yang saya kenal dan teman-teman yang membaca skripsi ini.

**MOTTO**

“Janganlah kamu bersikap lemah, dan janganlah (pula) kamu bersedih hati,  
padahal kamulah orang-orang yang paling tinggi (derajatnya), jika kamu orang-  
orang yang beriman”

**(terjemahan QS. Al-Imron ayat 139)**

*“Be the best part of yourself”*  
**(Dio Firman Pangestu)**

“Wani Perih”  
**(Teknik Elektro 2015, Universitas Jember )**

“Aku bukan yang terbaik, namun aku mencoba untuk menjadi yang terbaik”  
**(Ifhez)**

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dio Firman Pangestu

NIM 151910201059

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengoptimalan Tata Letak Recloser Jaringan Distribusi PT PLN Rayon Suritani Kecamatan Rogojampi Banyuwangi Terhadap Sistem Keandalan Listrik Berbasis Algoritma Genetika” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 19 Januari 2022

Yang menyatakan

Dio Firman Pangestu  
NIM. 151910201059

**SKRIPSI**

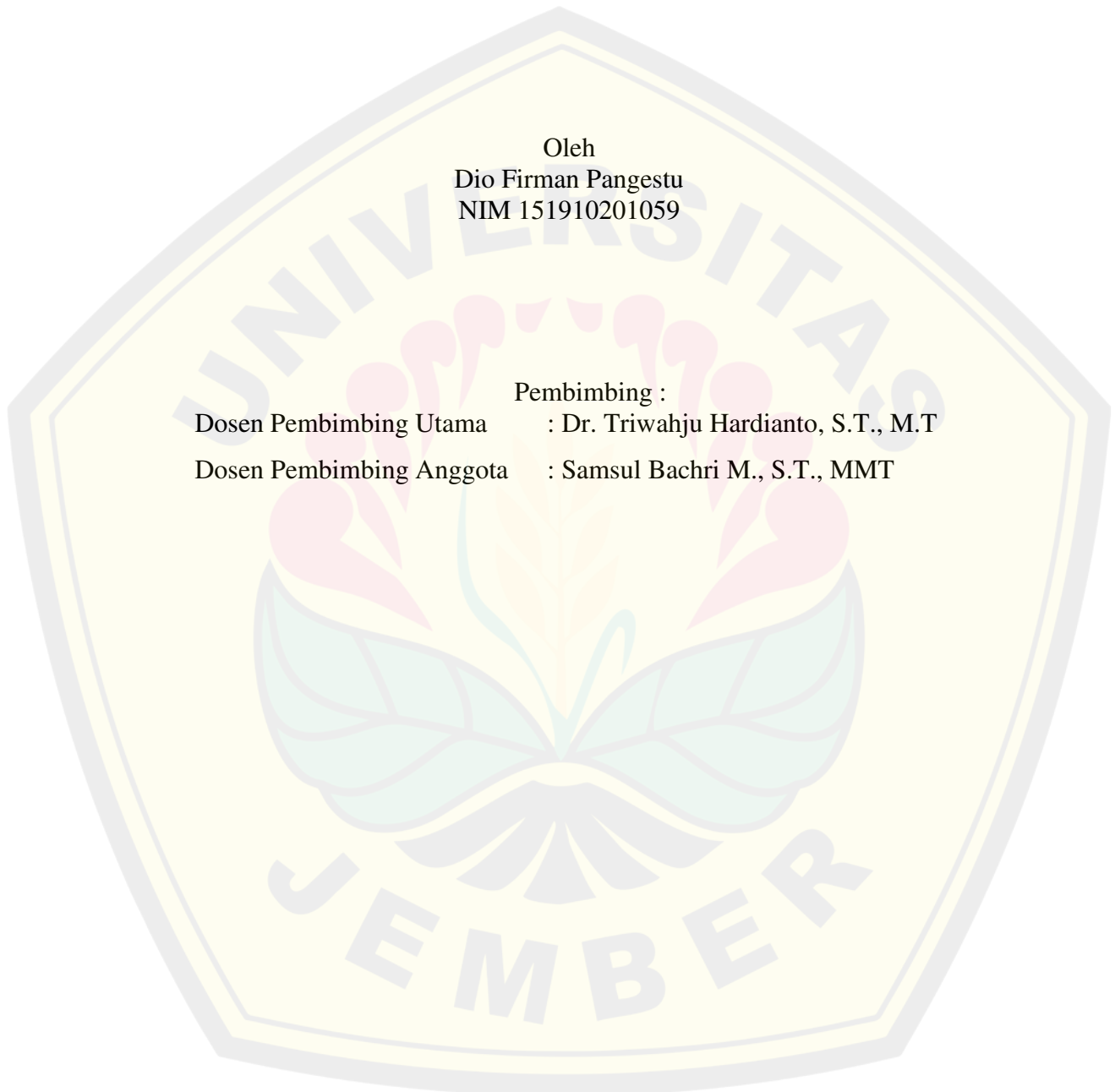
**PENGOPTIMALAN TATA LETAK RECLOSER JARINGAN DISTRIBUSI PT PLN  
RAYON SURITANI KECAMATAN ROGOJAMPI BANYUWANGI TERHADAP  
SISTEM KEANDALAN LISTRIK BERBASIS ALGORITMA GENETIKA**

Oleh  
Dio Firman Pangestu  
NIM 151910201059

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T

Dosen Pembimbing Anggota : Samsul Bachri M., S.T., MMT



**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Pengoptimalan Tata Letak Recloser Jaringan Distribusi PT PLN Rayon Suritani Kecamatan Rogojampi Banyuwangi Terhadap Sistem Keandalan Listrik Berbasis Algoritma Genetika” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari, tanggal : Rabu, 19 Januari 2022

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji,

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota,

Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.  
NIP 19700826 199702 1 001

Samsul Bachri M., S.T., MMT.  
NIP. 19640317 199802 1 001

Penguji I,

Penguji II,

Dr. Ir. Widjonarko, S.T., M.T.  
NIP 19710908 199903 1 001

Guido Dias K., S.ST., M.Eng  
NIP. 760015734

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Teknik

Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.  
NIP 19700826 199702 1 001



**PENGOPTIMALAN TATA LETAK RECLOSER JARINGAN DISTRIBUSI PT PLN  
RAYON SURITANI KECAMATAN ROGOJAMPI BANYUWANGI TERHADAP  
SISTEM KEANDALAN LISTRIK BERBASIS ALGORITMA GENETIKA**

**Dio Firman Pangestu**

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Email: [diopangestu72@gmail.com](mailto:diopangestu72@gmail.com)

**ABSTRAK**

Rayon Suritani Indonesia hanya memiliki satu recloser di Desa Sukojati, namun situs ini hanya berjarak 8.356 meter. Peningkatan keberlanjutan konsumsi energi listrik dalam kehidupan sehari-hari dan industri juga akan meningkatkan ketersediaannya. Energi listrik adalah salah satu kebutuhan kita yang paling mendasar, digunakan di hampir setiap bidang kehidupan kita. Penelitian ini difokuskan pada pengujian pembuatan program yang berguna untuk menentukan jumlah recloser dalam suatu wilayah. Penggunaan Bahasa pemrograman yang dilakukan dalam penelitian ini adalah menggunakan Algoritma Genetika. Dari hasil uji coba alat didapatkan bahwa Analisis pembahasan menunjukkan bahwa bagian 4 berisi peralatan atau komponen paling banyak yaitu 14 trafo, 14 saluran, dan 2 sectionalizer, yang akan mengakibatkan peningkatan nilai laju kegagalan pada bagian 4. Nilai laju kegagalan secara langsung terkait dengan nilai SAIFI, seperti yang ditunjukkan pada persamaan 2.3 dari rumus SAIFI. Akibatnya, bagian 4 memiliki proporsi skor SAIFI yang lebih tinggi daripada bagian lainnya. Indeks SAIDI pada bagian grafik mengungkapkan bahwa bagian 4 memiliki proporsi yang lebih tinggi dibandingkan bagian lainnya, yaitu 65 persen. Panjang saluran dan jumlah peralatan pada seksi 4 menjadi penyebab utama bertambahnya durasi gangguan pada seksi 4 sehingga nilai SAIDI meningkat, seperti terlihat pada persamaan 2.4 rumus SAIDI, dimana durasi gangguan berbanding lurus dengan nilai SAIDI.

**Kata Kunci:** *Algoritma Genetika, SAIDI, SAIFI,*

**OPTIMIZATION OF DISTRIBUTION NETWORK RECLOSER LAYOUT PT PLN  
RAYON SURITANI, ROGOJAMPI DISTRICT BANYUWANGI ON ELECTRICAL  
RELIABILITY SYSTEM BASED ON GENETIC ALGORITHM**

**Dio Firman Pangestu**

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

*Email: [diopangestu72@gmail.com](mailto:diopangestu72@gmail.com)*

**ABSTRAC**

Rayon Suritani Indonesia only has one recloser in Sukojadi Village, but this site is only 8,356 meters away. Increasing the sustainable consumption of electrical energy in everyday life and industry will also increase its availability. Electrical energy is one of our most basic needs, it is used in almost every area of our life. This research is focused on testing program development that is useful for determining the number of reclosers in an area. The programming language used in this research is to use Genetic Algorithm. From the test results, it was found that the analysis of the discussion shows that section 4 contains the most equipment or components, namely 14 transformers, 14 lines, and 2 sectionalizers, which will result in an increase in the value of the failure rate in section 4. The failure rate value is directly related to the SAIFI value. , as shown in equation 2.3 of the SAIFI formula. As a result, section 4 has a higher proportion of SAIFI scores than the other sections. The SAIDI index in the graph section reveals that section 4 has a higher proportion than the other sections, which is 65 percent. The length of the line and the number of equipment in section 4 are the main causes of increasing the duration of the disturbance in section 4 so that the SAIDI value increases, as shown in equation 2.4 of the SAIDI formula, where the duration of the disturbance is directly proportional to the SAIDI value.

**Keywords:** Genetic Algorithm, SAIDI, SAIFI

## PRAKATA

*Bismillahirrohmanirrohim,*

Alhamdulillah, puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan ridhon-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengoptimalan Tata Letak Recloser Jaringan Distribusi PT PLN Rayon Suritani Kecamatan Rogojampi Banyuwangi Terhadap Sistem Keandalan Listrik Berbasis Algoritma Genetika”. Selama penyusunan penulis mendapat bantuan berbagai pihak yang turut memberikan bantuan berupa motivasi, inspirasi, bimbingan, doa, fasilitas dan dukungan lainnya yang membantu memperlancar pengerjaan skripsi. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Dr. Bambang Srikaloko, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember;
3. Bapak Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. dan Bapak Samsul Bachri M., S.T., MMT selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dengan sepenuh hati untuk menyelesaikan tugas akhir ini;
4. Bapak Dr. Ir. Widjonarko, S.T., M.T. dan Guido Dias K., S.ST., M.Eng selaku dosen penguji yang sudah memberikan banyak saran agar tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik;
5. Teman-Teman Teknik Elektro 2015 yang telah memberikan support dalam perkuliahan serta prestasi kepada saya.
6. Para Asistan Lab Listrik Dasar, Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memfasilitasi dalam penelitian ini.
7. Serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu, yang telah mendukung dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu Teknik Elektro. Kritik dan saran yang membangun diharapkan terus



mengalir untuk lebih menyempurnakan skripsi ini dan dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya;

Jember, 19 Januari 2022

Penulis





DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL .....	i
PERSEMBAHAN.....	ii
MOTTO .....	iii
PERNYATAAN.....	iv
PENGESAHAN .....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRAC.....	viii
PRAKATA .....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xiv
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	3
1.3    Batasan Masalah.....	3
1.4    Tujuan .....	4
1.5    Manfaat .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1    Sistem Tenaga Listrik .....	5
2.1.1    Konfigurasi dari Sistem Jaringan Distribusi.....	6
2.1.2    Jaringan Distribusi Loop .....	6
2.2    Keandalan Sistem Tenaga .....	7
2.2.1 <i>Recloser</i> / Penutup Balik Otomatis (PBO).....	8
2.2.3    Komponen Sistem Keandalan .....	17
2.3    Indeks Keandalan.....	18
2.4    Algoritma Genetika .....	20
2.4.1    Pendahuluan Algoritma Genetika .....	20
2.4.2    Komponen Utama Algoritma Genetika .....	22
2.4.3    Penerapan Algoritma Genetika.....	30
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>33</b>
3.1    Waktu dan Tempat Penelitian .....	33

3.1.1	Tempat Penelitian.....	33
3.1.2	Waktu Penelitian .....	33
3.2	Alat dan Bahan .....	34
3.3	Prosedur Penelitian .....	34
3.4	Tahap Analisis .....	36
3.5	Alur perhitungan Data.....	37
3.6	Alur Kerja Program Genetika Algoritma.....	38
<b>BAB 4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>42</b>
4.1	Gambaran Sistem Distribusi Penyulang Suritani .....	42
2.4.1	Data Sistem Jaringan Distribusi pada Penyulang Suritani.....	42
2.4.2	Single Line Diagram Penyulang Suritani.....	43
4.2	Data Panjang Saluruan (Line) .....	43
4.3	Data Jumlah Pelanggan .....	45
4.4	Menghitung Nilai Keandalan Sistem Distribusi Penyulang Suritani .....	47
4.5	Analisis Indeks Kegagalan Menggunakan Metode Algoritma Genetika .....	49
2.5.1	Section 1.....	49
2.5.2	Section 2.....	55
2.5.3	Section 3.....	64
2.5.4	Section 4.....	74
4.6	Menentukan Letak Recloser Berdasarkan dari Hasil Nilai Pehitungan.....	87
<b>BAB IV.</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>93</b>
4.1	Kesimpulan .....	93
4.2	Saran.....	93
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>95</b>



**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1 Sistem Distribusi Primer Tipe Lingkar .....	7
Gambar 2.2 <i>Recloser</i> .....	8
Gambar 2.3 Konstruksi <i>Recloser</i> Schneider N-Series .....	9
Gambar 2.4 Contoh penempatan <i>bushing recloser</i> sisi beban .....	9
Gambar 2.5 Bagian-bagian dalam dari <i>Recloser</i> Schneider N-Series.....	10
Gambar 2.6 <i>Wiring</i> Pemasangan ABSW, DS, <i>Recloser</i> dan Surja Arester .....	11
Gambar 2.7 Konstruksi Peralatan Pendukung <i>Recloser</i> 3 Phasa 20 KV TampakDepan...	12
Gambar 2.8 Single-shot Reclosing Relay .....	16
Gambar 2.9 Multi Shot Reclosing Relay .....	17
Gambar 2.10 Visualisasi Gen, Allele, Kromosom, Individu, dan Populasi.....	21
Gambar 2.11 Siklus Algoritma Genetika Oleh David Goldberg .....	22
Gambar 2.12 Roulette wheel.....	25
Gambar 2.13 Seleksi sebelum dirangking.....	25
Gambar 2.14 Seleksi sesudah dirangking .....	26
Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem Data yang Diperlukan.....	37
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem Pembuatan Program.....	38
Gambar 4.1 <i>Single Line diagram</i> penyulang Suritani .....	43
Gambar 4.2 Proses Pengukuran Panjang Line Dengan Google Maps.....	44
Gambar 4.3 Grafik Indeks Keandalan <i>Load Point</i> dari Pengaruh <i>Section</i> 1 .....	55
Gambar 4.4 Grafik Indeks Keandalan <i>Load Point</i> dari Pengaruh <i>Section</i> 2.....	63
Gambar 4.6 Grafik Indeks Keandalan <i>Load Point</i> dari Pengaruh <i>Section</i> 4.....	85
Gambar 4.7 Grafik Indeks Keandalan Sisi Pelanggan tiap <i>Section</i> .....	87
Gambar 4.8 Hasil Hasil <i>Running</i> ke-1 Letak Optimasi <i>recloser</i> .....	88
Gambar 4.9 Hasil Hasil <i>Running</i> ke-2 Letak Optimasi <i>recloser</i> .....	89
Gambar 4.10 Hasil Hasil <i>Running</i> ke-3 Letak Optimasi <i>recloser</i> .....	89
Gambar 4.12 Hasil Hasil <i>Running</i> ke-5 Letak Optimasi <i>recloser</i> .....	91

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Rencana Kegiatan Tugas Akhir .....	34
Tabel 4.1 Panjang Line Section 1 .....	44
Tabel 4.2 Panjang Line Section 2 .....	44
Tabel 4.3 Panjang Line Section 3 .....	44
Tabel 4.4 Panjang Line Section 3 (Lanjutan).....	45
Tabel 4.5 Panjang Line Section 4 .....	45
Tabel 4.6 Data Palanggan <i>Section 2</i> .....	46
Tabel 4.7 Data Pelanggan <i>Section 3</i> .....	46
Tabel 4.8 Data Pelanggan <i>Section 4</i> .....	47
Tabel 4.9 Data Indeks Keandalan Sluran Udara .....	48
Tabel 4.10 Indeks Kegagalan Peralatan .....	48
Tabel 4.11 Section Technique Worksheet Section 1 .....	49
Tabel 4.12 Perhitungan laju kegagalan LP 1 - LP 26 .....	50
Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Laju Kegagalan Durasi Gangguan <i>Load point Section 1</i> ...	52
Tabel 4.14 Hasil Perhitungan SAIFI dan SAIDI <i>Section 1</i> .....	54
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan SAIFI dan SAIDI <i>Section 1</i> (Lanjutan) .....	54
Tabel 4.15 Section Technique Worksheet Section 2.....	55
Tabel 4.16 Perhitungan laju kegagalan LP 1 - LP 4 .....	57
Tabel 4.17 Perhitungan laju kegagalan LP 5 - LP 26 .....	58
Tabel 4.18 Perhitungan Durasi Gangguan (U) LP 1 – LP 4 .....	59
Tabel 4.19 Perhitungan Durasi Gangguan (U) LP 5 – LP 26 .....	60
Tabel 4.19 Perhitungan Durasi Gangguan (U) LP 5 – LP 26 (Lanjutan).....	60
Tabel 4.20 Hasil Perhitungan Laju Kegagalan Durasi Gangguan <i>Load point di Section 260</i>	
Tabel 4.20 Hasil Perhitungan Laju Kegagalan Durasi Gangguan <i>Load point</i> .....	61
Tabel 4.21 Hasil Perhitungan SAIFI dan SAIDI <i>Section 2</i> .....	62
Tabel 4.21 Hasil Perhitungan SAIFI dan SAIDI <i>Section 2</i> (Lanjutan) .....	63
Tabel 4.23 Perhitungan laju kegagalan LP 5 - LP 12 .....	65
Tabel 4.24 Perhitungan laju kegagalan LP 1 – LP 4 dan LP 13 – LP 26.....	66
Tabel 4.25 Perhitungan Durasi Gangguan (U) LP 5 – LP 12 .....	68
Tabel 4.26 Perhitungan Durasi Gangguan (U) LP 5 – LP 12 (Lanjutan).....	68
Tabel 4.27 Perhitungan Durasi Gangguan (U) LP 1 – LP 4 .....	69

Tabel 4.28 Perhitungan Durasi Gangguan (U) LP 1 – LP 4 (Lanjutan).....	69
Tabel 4.29 Perhitungan Durasi Gangguan (U) LP 13 – LP 26 .....	70
Tabel 4.30 Perhitungan Durasi Gangguan (U) LP 13 – LP 26 (Lanjutan).....	70
Tabel 4.31 Hasil Perhitungan Laju Kegagalan Gangguan <i>Load point</i> di <i>Section 3</i> .....	71
Tabel 4.32 Hasil Perhitungan SAIFI dan SAIDI <i>Section 3</i> .....	72
Tabel 4.33 Hasil Perhitungan SAIFI dan SAIDI <i>Section 2</i> (Lanjutan) .....	73
Tabel 4.34 Section Technique Worksheet <i>Section 4</i> .....	74
Tabel 4.35 Section Technique Worksheet <i>Section 4</i> (Lanjutan).....	75
Tabel 4.36 Perhitungan laju kegagalan LP 13 - LP 26 .....	76
Tabel 4.37 Perhitungan laju kegagalan LP 13 - LP 26 (Lanjutan).....	77
Tabel 4.38 Perhitungan laju kegagalan LP 1 – LP 12.....	78
Tabel 4.39 Perhitungan laju kegagalan LP 1 – LP 12 (Lanjutan) .....	78
Tabel 4.40 Perhitungan Durasi Gangguan (U) LP 13 – LP 26 .....	79
Tabel 4.41 Perhitungan Durasi Gangguan (U) LP 13 – LP 26 (Lanjutan).....	80
Tabel 4.42 Perhitungan Durasi Gangguan (U) LP 1 – LP 12 .....	81
Tabel 4.43 Hasil Perhitungan Laju Kegagalan Gangguan <i>Load point</i> di <i>Section 4</i> .....	82
Tabel 4.44 Hasil Perhitungan SAIFI dan SAIDI <i>Section 4</i> .....	83
Tabel 4.45 Indeks Keandalan Sisi Pelanggan Sistem Penyulang Suritani.....	86



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penggunaan sumber energi listrik sangat penting dalam kehidupan masyarakat sehari-hari. Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan manusia yang paling mendasar, dengan energi listrik yang dibutuhkan di hampir setiap aspek kehidupan manusia. Penggunaan energi listrik secara mendasar dimulai dengan penerangan dan berkembang menjadi pergerakan ekonomi masyarakat. Selain itu, ketika derajat keberlanjutan penggunaan energi listrik dalam aktivitas sehari-hari masyarakat dan industri meningkat, maka akan berpengaruh terhadap ketersediaan energi listrik yang semakin hari semakin meningkat.

Ekspansi sektor industri dan populasi Indonesia yang terus berlanjut kemungkinan besar akan menghasilkan peningkatan kegiatan ekonomi, yang akan berdampak pada konsumsi energi negara secara keseluruhan. Karena meningkatnya jumlah pengguna, akan ada kebutuhan yang lebih besar untuk pasokan energi listrik berkualitas tinggi di masa depan. Untuk itu perlu ditingkatkan kesinambungan penyediaan energi bagi pengguna dengan menggunakan sistem distribusi tenaga listrik.

SAIDI (Standard Interruption Duration Index) dan SIFI (Standard Interruption Frequency Index) adalah dua ukuran yang sering digunakan untuk menilai besarnya dispersi jaringan (SAIFI). Pada tahun 2014, Gunawan Hadi menerbitkan makalah yang berjudul SAIDI dan SAIFI adalah dua angka yang menunjukkan bahwa padamnya listrik atau padamnya listrik menimbulkan rugi-rugi daya pada sistem. Dengan memeriksa karakteristik ini, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi angka SAIDI dan SAIFI, semakin buruk tingkat ketergantungan dan layanan pelanggan terlihat.

Pada suatu saat, sistem penyulang Suritani dapat mencakup hingga 73 unit trafo distribusi ganda, delapan sistem pemutus beban (LBS), dan rakitan pemutus sirkuit yang dikenal sebagai recloser. PT PLN (Persero) Rayon Suritani hanya memiliki satu recloser yang terletak di Desa Sukojati dan bukan merupakan pilihan yang terbaik. Alasannya karena situs ini hanya berjarak

8.356 meter dari induknya, sedangkan panjang keseluruhan langage Blatter adalah 1.02758 meter. Dapat disimpulkan bahwa lokasi recloser masih belum ideal berdasarkan informasi yang diterima. Masalah lain yang menunjukkan situs yang tidak dapat diterima adalah ketika penutup tidak dipasang dengan benar.

Statistik jumlah konsumen terlindungi dan tidak terlindungi dapat dilihat pada penyebar Suritani yang telah dipasang di Desa Sukojadi. Jumlah pelanggan terproteksi menurut statistik yang ada hanya 1.284, sedangkan jumlah pelanggan di saluran feeder Blater sebanyak 26.965.

Berdasarkan pencarian alat perbandingan di situs jurnal nasional dan internasional, banyak artikel dan jurnal sejenis memiliki kemampuan dan tujuan pencarian yang bervariasi, sesuai dengan hasil penelitian. Sebagai contoh, Abraham Bayu et al (2017) menerbitkan makalah dalam publikasi mereka yang berjudul Optimization of Recloser Placement pada Sistem Distribusi Jaringan Radial Feeder Pdp-03 Menggunakan Ant Colony Optimization pada tahun 2017. (ACO). Teknik ACO dengan tingkat kerumitan yang sesuai sehingga waktu pengerjaannya juga cukup lama karena ada beberapa prosedur yang cukup canggih untuk menyelesaikannya secara matematis dan diperlukan kecerdasan buatan. Seperti halnya ACO dan nilai solusi tunggal, dianggap hanya ideal, meskipun tidak selalu optimal, dan dianggap hanya optimal.

'Thomas Febrian' adalah karakter fiksi yang diciptakan oleh penulis Thomas Febrian. Lie Lambang Bagusiam (2017) mempublikasikan artikel dalam jurnal Optimizing Recloser Placement to Minimize Saifi and Saidi Values in the SRL-02 Feeder Radial Network Distribution System Using Artificial Bee Colony Algorithm berjudul "Optimizing Recloser Placement to Minimize Saifi and Saidi Values dalam Sistem Distribusi Jaringan Radial Feeder SRL-02 Menggunakan Algoritma Artificial Bee Colony." Penggunaan metode artificial bee colony memiliki satu kelemahan, yaitu walaupun dimensi permasalahannya luas, namun transmisi informasinya masih terbatas pada satu dimensi, yang tidak diinginkan.

Lokasi recloser tidak boleh sembarangan, tetapi perhatian khusus harus diberikan pada tempat-tempat yang ramai dan sering mengganggu konsumen.



Pada tahun 2015, Yogi Lesmana menerbitkan buku berjudul *So far*, lokasi recloser telah ditentukan berdasarkan jarak aman antara recloser dengan komponen circuit breaker lainnya dalam satu feed line, tanpa mempertimbangkan jumlah konsumen di kawasan lindung. . Perlu dilakukan perhitungan indeks ketergantungan untuk setiap posisi penempatan recloser berdasarkan parameter data kinerja recloser dan lokasi penempatan recloser untuk mendapatkan hasil terbaik dari penempatan recloser.

Dalam hal optimalisasi lokasi komponen dalam sistem distribusi, penempatan recloser tidak boleh dilakukan di mana-mana, dan pertimbangan khusus harus diberikan pada tempat-tempat yang ramai pelanggan dan sering terputus. Selama ini penempatan recloser hanya ditentukan oleh jarak aman antara recloser yang satu dengan recloser lainnya. komponen pemutus arus lainnya, serta sejumlah besar konsumen di kawasan lindung yang belum teridentifikasi. Dengan bantuan parameter data kinerja recloser dan lokasi penempatan recloser, dimungkinkan untuk menghitung nilai indeks ketergantungan untuk setiap posisi penempatan recloser untuk mendapatkan hasil terbaik.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian, penelitian ini akan menyelesaikan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana letak *recloser* yang optimal jika di pasang 1 *recloser* dalam satu saluran penyulang ?
2. Bagaimana Analisis keandalan dari pemasangan recloser dalam suatu penyulang ?
3. Bagaimana perbedaan keandalan sistem setelah pengoptimalan letak recloser berdasarkan algoritma genetika?

## 1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah penelitian, pembahasannya tidak akan terlalu ekstensif, sehingga diperlukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Konfigurasi sistem tenaga yang dianalisis bersifat radial.
2. Dengan asumsi jaringan dalam kondisi baik dan sistem keamanan jaringan beroperasi normal, lakukan analisis.

3. Gunakan SPLN 59: 1985 untuk perkiraan angka ekspor komponen, jam operasi dan data pemulihan layanan.
4. Menganalisis nilai parameter tingkat kegagalan, batas waktu, SAIDI dan SAIFI.
5. Gunakan metode algoritma genetika untuk menemukan solusi terbaik.
6. Algoritma genetika yang digunakan untuk mengoptimalkan posisi recloser hanya memiliki satu recloser.
7. Software yang digunakan dalam penelitian ini adalah Matlab 2013a

#### **1.4 Tujuan**

Dalam tugas akhir ini, penelitian bertujuan untuk menganalisis penempatan recloser pada penyulang Blater, apakah PT PLN (Persero) rayon Suritani sudah berada pada posisi terbaik, dan memastikan posisi recloser terbaik sesuai algoritma genetika.

#### **1.5 Manfaat**

Diharapkan penelitian “menggunakan algoritma optimasi penempatan recloser jaringan distribusi rayon PT PLN (Persero) pada penyulang Suritani untuk mencegah keandalan sistem” akan memberikan referensi SAIFI untuk mengoptimalkan penempatan recloser yang tepat berdasarkan SAIDI dan SAID nilai, sehingga meningkatkan keandalan sistem. sistem distribusi untuk penyulang Suritani.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab tinjauan pustaka, penulis melakukan studi tugas akhir yang berjudul “Pengoptimalan Tata Letak Recloser Jaringan Distribusi PT PLN (Super) Rayon Suritani Kecamatan Rogojambi Banyuwangi Terhadap Sistem Keandalan Listrik Berbasis Algoritma Genetika”, Sebagai acuan dasar penulis. Selain itu bertujuan untuk memperluas wawasan dan mengembangkan ilmu sehingga ilmu yang diperoleh dapat berkembang pada saat melakukan penelitian.

### 2.1 Sistem Tenaga Listrik

Perlu dicatat bahwa sistem tenaga listrik terdiri dari banyak komponen utama, dengan stasiun pembangkit, sistem transmisi, sistem distribusi, dan pemuat menjadi yang paling signifikan. Pembangkit listrik adalah tempat pertama di mana energi diciptakan; dilengkapi dengan turbin yang berfungsi sebagai penggerak utama dan generator yang menghasilkan listrik. Setelah produksi listrik, metode untuk transmisi listrik akan dilakukan. Dengan bantuan sistem distribusi tenaga listrik, proses transfer energi dari pembangkit listrik ke klien akhir dapat diselesaikan secara efisien. Pendistribusian listrik dilakukan melalui penggunaan sistem yang terdiri dari SUTM (pipa udara bertekanan sedang) dengan tegangan 20 kV dan SUTR (pipa udara bertekanan rendah) dengan tegangan berkisar antara 380 hingga 220 V. SUTM terdiri dari beberapa komponen, termasuk saluran udara dan kabel. Pemasangan sistem pentanahan, gardu distribusi tegangan menengah, dan trafo untuk papan distribusi tegangan rendah 380/220V, yang akan menghasilkan tegangan operasional yang akan disalurkan ke pelanggan melalui papan distribusi tegangan rendah. Undang-undang dan peraturan yang mengatur sistem tenaga listrik diuraikan di sini:

1. Menyediakan setiap waktu, tenaga listrik untuk keperluan konsumen.
2. Menjaga stabilitas nilai dari tegangan.
3. Menjaga stabilitas frekuensi
4. Efisiensi
5. Standar keamanan (*safety*)
6. Ramah lingkungan.

### 2.4.3 Konfigurasi dari Sistem Jaringan Distribusi

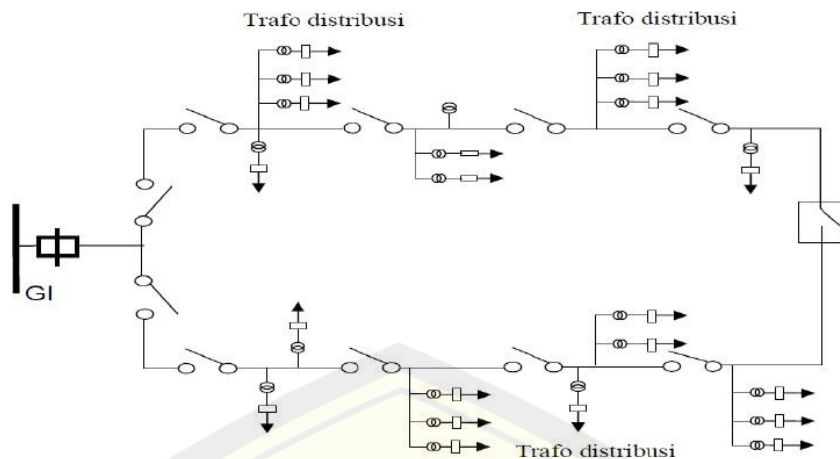
Dalam sistem jaringan disribusi terdapat saluran yang berfungsi sebagai sarana penyalur energi listrik ke beban yang disebut dengan penyulang (*feeder*). Berdasarkan bentuk atau pola dari siatu sistem jaringan ada beberapa macamnya, yaitu sebagai berikut:

1. Sistem radial,
2. Sistem lingkaran (*loop*)
3. Sistem gugus (*mesh*)
4. Sistem spindel.

### 2.4.3 Jaringan Distribusi Loop






Kedua sistem radial tersebut terintegrasi atau digabung menjadi satu sistem dalam sistem jaringan distribusi utama (loop/loop) dan loop terbuka (open loop/loop). Dalam sebagian besar keadaan, fungsi sistem normal ini mirip dengan fungsi sistem radial. Beberapa sumber dan pengumpan hadir di seluruh jaringan, yang menjelaskan hal ini.

Sebagian besar waktu, sistem ini bertugas memenuhi tanggung jawab penting, seperti memberikan akses ke rumah sakit, kantor pemerintah, dan organisasi penting lainnya. Karena sistem ini memiliki dua sumber pengisian dan arah pengisian, salah satunya dapat digunakan sebagai cadangan, perlu digarisbawahi bahwa tingkat ketergantungan pada sistem cukup tinggi. Saat beroperasi di salah satu jaringan atau ketika terjadi gangguan pada jaringan, strategi ini biasa digunakan di jaringan publik dan industri untuk menjamin distribusi tidak terpengaruh oleh sumber pengisian alternatif atau arah lain. Dalam konteks kontinuitas sekunder, ketergantungan sistem bergabung. Contoh sistem jaringan distribusi siklik primer yang digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik terlihat pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1 Sistem Distribusi Primer Tipe Lingkar**  
(loop/ring) Sumber: Gonen Turan, 1986

Keterangan:

-  : Trafo Distribusi
-  : *Circuit Breaker* (CB)
-  : Saklar Beban
-  : *Load Break Switch* (LBS)
-  : Beban (konsumen)

Adapun keunggulan dan kelemahan dari sistem saluran ini adalah :

a. Keunggulan :

1. Kontinuitas penyaluran daya listrik cukup tinggi
2. Stabilitas tegangan sistem yang mantap
3. Tingkat keamanan dan keandalan yang cukup tinggi
4. Fleksibilitas tinggi

b. Kelemahan

1. Biaya pemeliharaan cukup tinggi
2. Biaya pemasangan sangat mahal

## 2.2 Keandalan Sistem Tenaga

Karena bertanggung jawab untuk pengiriman energi listrik ke pelanggan, sistem distribusi merupakan komponen yang sangat penting dari sistem distribusi energi listrik dalam hal ini. Dalam komputasi, ketergantungan sistem mengacu pada kemampuan sistem untuk memenuhi tugasnya bahkan ketika dihadapkan dengan berbagai kondisi operasional yang mungkin timbul selama operasi normal.

Distribusi tenaga listrik di sebagian besar jaringan tenaga listrik dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu sebagai berikut:

Sistem tenaga diklasifikasikan menjadi empat kategori: sistem pembangkit, sistem transmisi, sistem distribusi, dan sistem beban. Sistem pembangkitan adalah jenis sistem tenaga yang paling umum. Untuk menjamin bahwa energi listrik yang dihasilkan oleh generator terkirim dengan tepat ke konsumen, sangat penting bahwa setiap komponen sistem tenaga berfungsi bersama satu sama lain.

### 2.4.3 *Recloser* / Penutup Balik Otomatis (PBO)

Istilah "recloser" mengacu pada komponen listrik dalam jaringan tegangan menengah yang dalam fungsi sebenarnya melakukan peran pemutus arus beban. Recloser digunakan untuk membuka dan menutup pemutus sirkuit secara otomatis ketika ada kehilangan jaringan. Perilaku mereka hampir sama dengan pemutus sirkuit; namun, mereka dapat diprogram untuk membuka dan menutup pada interval yang telah ditentukan. Pengumpukan akan diputuskan sebagai akibat dari gangguan jika penyulang dihentikan atau jika pemutus sirkuit yang dihubungkan dengan pengumpukan terputus untuk sementara waktu. Namun, jika pengoperasian recloser mengakibatkan pemutusan sambungan pengumpukan sesaat, recloser akan beroperasi berkali-kali sampai recloser secara otomatis membuka kembali koneksi penyulang.



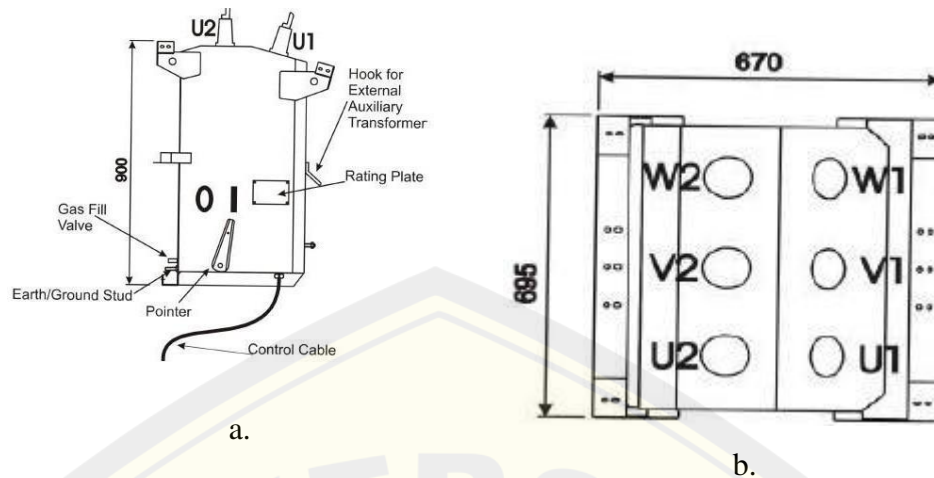
**Gambar 2.2 *Recloser***

(Sumber: Fahmi, 2017)

#### 1. Bagian-bagian dari *recloser*

PT PLN (Persero) menggunakan berbagai merek recloser. Setiap merek memiliki struktur yang berbeda, tetapi konsep intinya sama: berfungsi sebagai pendeteksi arus berlebih, apa pun mereknya. Peredam kejutan dan busbar adalah salah satu komponen terpenting dari peralatan recloser, bersama dengan travel manual, penangkal petir, stud pembedahan, dan komponen lainnya (Rachman,

2013). Ruang vakum recloser seri N Schneider diisi dengan gas SF<sub>6</sub> (sulfur heksafluorida) dan disegel untuk menjalankan recloser.



**Gambar 2.3 Konstruksi Recloser Schneider N-Series**

(a) Tampak dari Luar (b) Tampak atas

Bagian atas dilengkapi dengan enam busing dan enam arester untuk keamanan lebih lanjut (Schneider tidak menyediakan arester). Di sisi sumber, busing dilambangkan dengan huruf U1, V1, dan W1. Sisi yang berlawanan diberi label dengan U2, V2, dan W2 untuk menunjukkan bahwa itu adalah sisi beban.

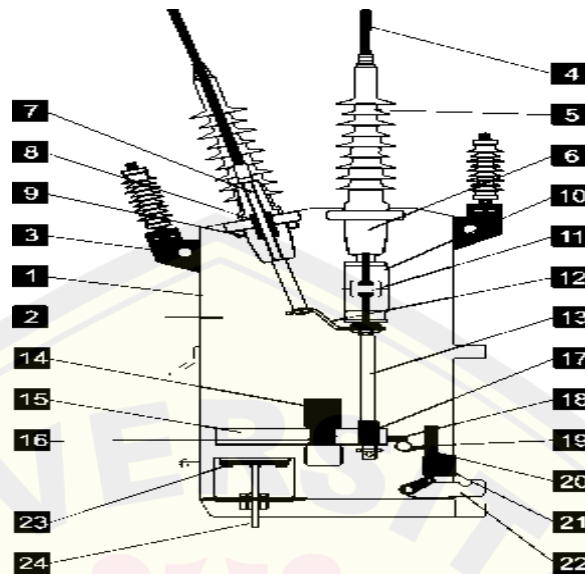


**Gambar 2.4 Contoh penempatan bushing recloser sisi beban**

Jika recloser Schneider seri N dilengkapi dengan braket pemasangan pelindung lonjakan arus, yang dapat digunakan sebagai posisi pemasangan arester dan dipasang pada sisi daya dan beban, maka dapat digunakan untuk memasang



arester surja selama proses pemasangan. Tegangan lebih yang dihasilkan oleh petir dapat dihindari dengan penggunaan arester.



**Gambar 2.5** Bagian-bagian dalam dari Recloser Schneider N-Series

Keterangan Gambar :

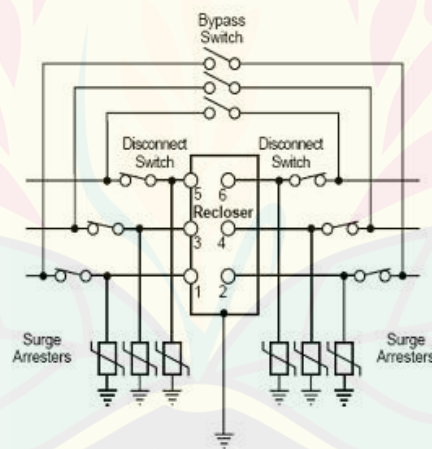
- |                                         |                       |
|-----------------------------------------|-----------------------|
| 1. Tank                                 | 13. Push rod          |
| 2. SF6 insulating gas                   | 14. Close solenoid    |
| 3. Surge arrester bracket               | 15. Mechanism plate   |
| 4. HV cable tail                        | 16. Opening spring    |
| 5. Bushing boot                         | 17. Contact spring    |
| 6. Bushing                              | 18. Latch             |
| 7. Central conductor                    | 19. Trip bar          |
| 8. Capacitive Voltage Transformer (CVT) | 20. Trip bar armature |
| 9. Current Transformer (CT)             | 21. Trip seleniod     |
| 10. Vacuum interrupter                  | 22. Manual trip lever |
| 11. Contacts                            | 23. SCEM              |
| 12. Flexible connection                 | 24. Control cable     |

## 2. Konstruksi Jaringan dengan Recloser pada JTM

Untuk memastikan bahwa pekerjaan penutupan dapat diandalkan dan untuk mendukung kinerja penutupan jika terjadi pemadaman, pemasangan penutup tiga fase dengan tegangan 20 KV memerlukan peralatan pendukung yang ditentukan dalam pedoman pengembangan standar tahun 2008. jaringan distribusi tenaga listrik (standar jaringan distribusi tenaga listrik). kerusakan pada recloser atau saat melakukan perbaikan recloser Berikut ini adalah daftar peralatannya:

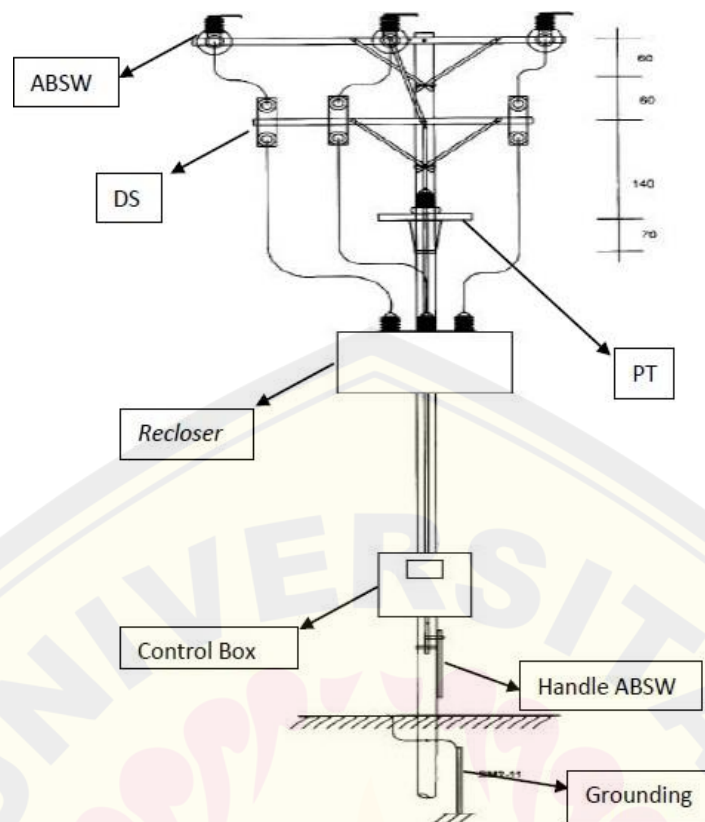
- a. *Air Break Switch (ABSW)*
- b. *Disconnecting Switch (DS)*
- c. Grounding
- d. *Current/Potensial Transformer (CT/PT)*
- e. Control Box

Hal tersebut dapat dilihat pada gambar sebagai berikut :



**Gambar 2.6 Wiring Pemasangan ABSW, DS, Recloser dan Surja Arester**

Sebuah sistem bypass yang disebut ABSW diletakkan di bagian atas jaringan, yang berarti bahwa dalam keadaan tertentu jika recloser harus diperbaiki, jaringan akan terus berjalan karena ABSW digunakan sebagai sistem bypass untuk jaringan. Disconnecting Switch (DS) diletakkan di bawah ABSW agar dapat dioperasikan. Istilah DS digunakan untuk membedakan antara bagian tegangan dan bagian non-tegangan dari suatu sinyal.



**Gambar 2.7 Konstruksi Peralatan Pendukung *Recloser 3*  
Phasa 20 KV TampakDepan**

a. *Air Break Switch (ABSw)*

Air circuit breaker (ABSw) adalah alat penghubung dalam teknik elektro yang berfungsi sebagai isolator dan sering diposisikan dalam jaringan eksternal. Saat bilah ABSw dibuka atau saat bilah ABSw berada di bawah tekanan, alat pemadam membantu meminimalkan lengkung. Selain itu, ABSw dilengkapi dengan isolator pendukung untuk mendukung bilah ABSw; kotak kontak yang berfungsi sebagai kontak bergerak untuk membuka/melepas dan menyambung/memasukkan ABSw; dan stang ABSw yang berfungsi sebagai batang penggerak roda penggerak ABSw. ABSw juga dilengkapi dengan isolator pendukung untuk menopang bilah ABSw. ABSw digunakan untuk membuat bilah (Brown, 2009). Mengingat frekuensi penggunaan ABS, diperlukan perawatan rutin, yang akan mengakibatkan keausan blade dan celah saat kontak dimasukkan ke ABS. Ada kemungkinan bahwa kebakaran dapat dimulai sebagai akibat dari celah ini, yang akan menyebabkan ABSw. Memasang ABSw di jaringan bermanfaat karena berbagai alasan, di



antaranya:

- Penambahan beban pada lokasi jaringan
- Pengurangan beban pada lokasi jaringan
- Pemisah jaringan secara manual pada saat jaringan mengalami gangguan

ABSW terdiri dari :

ABSW terdiri dari :

- Stang ABSW
- *Cross Arm* Besi
- Isolator Tumpu
- Pisau Kontak
- Kawat Pentanahan
- Peredam Busur Api

b. *Disconnecting Switch (DS) / Saklar Pemisah*

Ini diatur oleh mekanisme pemutus sirkuit, yang menutup dan membuka komponen pengaman utama/penutup belakang hidup dan mati sesuai kebutuhan. Kami tidak dapat menggunakan alat ini secara langsung karena desainnya yang dipertimbangkan dengan baik dan fakta bahwa alat ini termasuk dalam kategori atau kebutuhan tertentu. Jika alat ini dipaksa untuk digunakan secara langsung, itu akan menimbulkan busur listrik, yang mungkin berbahaya, dan akibatnya, tidak boleh dioperasikan secara langsung. Pengoperasian langsung mengacu pada prosedur menghubungkan atau memutuskan catu daya saat DS masih menyala dan beroperasi.

Mengingat fakta bahwa DS tidak terkait dengan DS lain, setiap operasi pada DS harus diselesaikan satu per satu. Merupakan kebiasaan untuk menggunakan joystick (joystick khusus), yang dapat disesuaikan panjangnya sesuai dengan jarak antara DS yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas. DS sendiri ditopang oleh bahan keramik, dengan kerangka penyangga logam yang menopang bahan keramik..

c. *Grounding (Pentanahan)*

Jika gangguan pembumian atau arus bocor terjadi dalam jaringan distribusi sebagai akibat dari kerusakan dan tegangan lebih pada peralatan yang mendistribusikan listrik, penggunaan pembumian sebagai proteksi langsung untuk

peralatan dan personel dapat dilakukan. Sistem pentanahan terdiri dari tiga komponen: PT, penutup, dan kotak kontrol. Berikut ini adalah ilustrasi bagaimana fungsi grounding digunakan:

- Mengalirkan arus gangguan
- Membuang arus muatan statis ke bumi
- Menstabilkan keseimbangan tegangan
- Mengamankan terhadap bahaya tegangan sentuh atau tegangan langkah
- Memproteksi peralatan dari tegangan lebih / arus lebih

d. Current Transformer (CT) - Potential Transformer (PT)

Ini disebut sebagai "trafo arus" ketika perangkat listrik digunakan untuk mengubah arus dalam jumlah besar menjadi arus dalam jumlah kecil (CT). Kita perlu menjaga agar arus yang mengalir melalui rele terkendali karena hanya dapat mentolerir arus sedang (maksimal 5A), oleh karena itu kita harus menjaganya serendah mungkin. Kelas lima dilambangkan dengan huruf 5A. Ini adalah  $500:5 = 100$ , yang berarti bahwa rasio CT 100 kali lebih besar dari rasio normal.

Selain itu, ketika berhadapan dengan tegangan tinggi, karena relai seharusnya menghasilkan tegangan rendah, tegangan harus diturunkan ke tegangan rendah agar relai berfungsi dengan baik. Perangkat listrik yang menurunkan level tegangan dikenal sebagai transformator tegangan (PT). Misalnya, rasio PT: 20000 volt dibagi 100 volt adalah 200 kali lebih tinggi daripada rasio PT: 100 volt. Baik dalam aplikasi proteksi maupun pengukuran, CT dan PT mampu memberikan tingkat akurasi yang diperlukan. Untuk menentukan besarnya kesalahan, kesalahan arus, dan tegangan, diperlukan pemilihan kelas CT-PT yang sesuai untuk digunakan sesuai dengan standar yang relevan dan kemudian menggunakan kelas CT-PT tersebut untuk mengukur kesalahan.

Trafo tegangan adalah perangkat listrik yang memiliki kemampuan untuk turun ke tegangan rendah dan sering terlihat pada sistem arus bolak-balik (AC), di antara aplikasi lainnya. Dimungkinkan untuk mendapatkan tegangan yang sebanding dengan tegangan yang ingin Anda gunakan dengan tegangan itu. Tegangan juga dapat digunakan untuk memisahkan sirkuit dan sistem tegangan tinggi dari sirkuit yang digabungkan ke peralatan pengukuran, di antara aplikasi lainnya.

e. Control Box Recloser

Dimungkinkan bagi perangkat kontrol untuk membaca dan menampilkan informasi yang disimpan di recloser setelah dipicu. Itu juga dapat berkomunikasi dengan dan melindungi recloser melalui berbagai metode. Recloser listrik terdiri dari pengontrol switchgear yang menampung recloser dan bertanggung jawab untuk melakukan fungsi komunikasi dan perlindungan atas namanya. Sambungan 110, 220, atau 240 VAC tambahan dapat dibuat melalui penggunaan kabel kontrol dan penutup penutup, tergantung pada modelnya. Karena dirancang untuk penggunaan di luar ruangan, auto-recloser kotak kontrol kedap udara dan mencegah serangga (seperti hama) masuk ke hewan dan mengganggu kerja peralatan kontrol yang benar.

f. Baterai

Dengan baterai, Anda dapat mengaktifkan pengontrol dan menggunakan baterai sebagai sumber daya cadangan untuk perangkat kontrol, sehingga perangkat kontrol dapat terus beroperasi meskipun terjadi gangguan listrik. Ambil tegangan dari JTM 20kV dan masukkan ke trafo arus (CT) untuk menyesuaikan tegangan keluaran agar sesuai dengan persyaratan aplikasi. Tegangan baterai yang digunakan untuk memberi daya pada peralatan kontrol di enklosur seri N Schneider adalah 110, 220, atau 240 VAC.

2. Fungsi *Recloser* / PBO

PBO dipasang pada SUTM yang sering mengalami gangguan hubung singkat fasa ke tanah yang bersifat temporer, berfungsi untuk:

- a. Menormalkan kembali SUTM atau memperkecil pemadaman tetap akibat gangguan temporer.
- b. Pengaman seksi dalam SUTM agar dapat membatasi / melokalisir daerah yang terganggu.

3. Sifat-sifat Recloser / PBO

PBO / Recloser mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

- a. Operasi cepat (fast tripping): untuk antisipasi gangguan temporer.
- b. Operasi lambat (delayed tripping) : untuk koordinasi dengan pengaman di hilir.

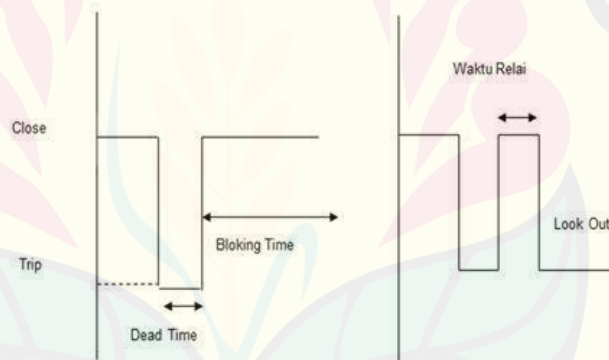
- c. Bila gangguan telah hilang pada operasi cepat maka PBO akan reset kembali ke status awal. Bila muncul gangguan setelah waktu reset, PBO mulai menghitung dari awal
- d. Repetitive : reset otomatis setelah recloser success
- e. Non repetitive : memerlukan reset manual (bila terjadi gangguan permanen dan bila gangguan sudah dibebaskan).

#### 4. Jenis-Jenis Relay Recloser

Berdasarkan tipe perintah *recloser*, *relay recloser* dibedakan dalam dua jenis, yaitu :

##### a. *Single-shot Recloser Relay*

*Relay* hanya dapat mengeluarkan perintah penutupan kembali ke PMT satu kali, dan hanya dapat menutup kembali setelah waktu pemblokiran terakhir. Jika ada gangguan selama waktu pemblokiran, PMT akan trip dan tidak dapat ditutup (dikunci) lagi.

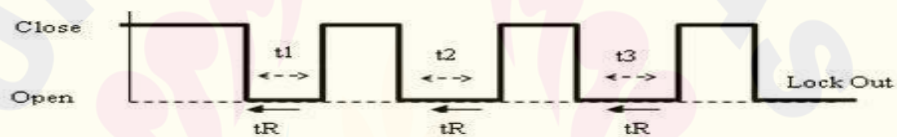


**Gambar 2.8 Single-shot Reclosing Relay**

##### b. *Multi Shot Reclosing Relay*

Untuk menutup *Relay*, PMT harus menerima instruksi penutupan dari relai setidaknya sekali setiap 30 detik. Ada dua cara untuk mengubah lama waktu yang berlalu antara kebetulan: untuk nilai yang sama atau untuk nilai yang berbeda. Jika relai OCR/GFR mendeteksi kesalahan, ia akan mengirimkan perintah trip ke PMT, yang akan menyebabkan PMT perjalanan. *Relay* penutup juga harus diaktifkan bersamaan dengan relai pembuka (energize). Rata-rata, diharapkan downtime t1 akan kurang dari

0,6 detik, setelah itu relay akan mengirimkan perintah shutdown ke PMT (Chowdhury dan Koval, 2009). Aktivasi PMT akan diperlukan jika masalah berlanjut, dan menutup penutup untuk kedua kalinya akan mengakibatkan penutup tertutup selama satu detik setelah waktu mati  $t_2$  yang diperpanjang tercapai (kira-kira antara 15 dan 60 detik). PMT akan trip lagi jika masalah tidak teratasi dengan sendirinya, dan relai pemutus akan menutup relai ketiga saat relai ketiga telah dimatikan. Jika terjadi gangguan pada saat proses pemblokiran TR maka PMT akan trip dan lock, dan TR akan terhambat untuk bekerja. Saat menggunakan beberapa penutupan, pastikan frekuensi penggunaan sesuai dengan siklus kerja PMT. Tergantung pada repeater, lama waktu yang diperlukan untuk mematkannya bervariasi, dan National Power Corporation memiliki pengaturan yang bervariasi untuk repeater yang berbeda.



**Gambar 2.9 Multi Shot Reclosing Relay**

Keterangan gambar :

- $t_1$  = *dead time* dari *reclosing* pertama
- $t_2$  = *dead time* dari *reclosing* kedua
- $t_3$  = *dead time* dari *reclosing* ketiga
- $t_{R1}$  = *blocking time* dari *reclosing* pertama
- $t_{R2}$  = *blocking time* dari *reclosing* kedua
- $t_{R3}$  = *blocking time* dari *reclosing* ketiga

### 2.4.3 Komponen Sistem Keandalan

Dalam sistem jaringan distribusi terdapat banyak sekali komponen, seperti trafo, circuit breaker, sekring, relai, dll. Namun, untuk menganalisis keandalan sistem jaringan distribusi, tingkat kegagalan ( $\lambda$ ) komponen yang biasanya dipertimbangkan adalah:

1. Transformator
2. Circuit Breaker



3. LBS
4. Recloser
5. Fuse
6. Saluran distribusi, baik berupa SUTM maupun SKBT

Selain tingkat kegagalan masing-masing komponen, waktu perbaikan dan waktu switching masing-masing komponen juga diperlukan untuk menentukan nilai indeks keandalan sistem distribusi.

### 2.3 Indeks Keandalan

Indeks keandalan adalah metrik ketergantungan yang didefinisikan dalam hal besarnya probabilitas dan terdiri dari indeks titik beban dan indeks sistem, antara lain. Dalam menilai keandalan sistem kelistrikan, PLN sering menggunakan dua indikator yaitu SAIFI dan SAIDI. Rata-rata tingkat kegagalan ( $\lambda$ ), rata-rata waktu henti ( $r$ ), dan rata-rata tahunan tidak tersedia (AAU) semuanya dihitung menggunakan prinsip tradisional dalam indikator keandalan yang telah ditinjau (U). Ada beberapa indikator yang dapat digunakan untuk menunjukkan kehandalan pelayanan pelanggan yang juga sering digunakan untuk menyatakan kehandalan sistem distribusi tenaga listrik (Wijayanti dan Handoko, 2016).

7. SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) adalah nilai dari jumlah rata-rata gangguan yang terjadi dalam satu tahun dan didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$SAIFI = \frac{\text{total jumlah gangguan pelanggan}}{\text{total jumlah pelanggan}} \dots \dots \dots (2.1)$$

$$= \frac{\sum \lambda x_i}{\sum x} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

$\lambda i$  = Laju kegagalan (kegagalan/tahun)

$Xi$  = Jumlah beban pada titik beban  $i$  (pelanggan)

$X$  = Jumlah total beban pada satu sistem (pelanggan)

8. SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) adalah nilai dari waktu kegagalan rata-rata dalam satu tahun untuk tiap pelanggan dan didapatkan persamaan sebagai berikut :

*SAIDI*

$$= \frac{\text{total jumlah gangguan yang pelanggan}}{\text{total jumlah pelanggan}} \dots \dots \dots (2.1)$$

$$\sum v_i x_i$$

$$= \frac{\quad}{\sum x} , \dots \dots \dots (2.2)$$



Keterangan :

$U_i$  = Ketidaktersediaan komponen (jam/tahun)

$X_i$  = Jumlah beban pada titik beban  $i$  (pelanggan)

$X$  = Jumlah total beban pada satu sistem (pelanggan)

## 2.4 Algoritma Genetika

Untuk masalah optimasi rumit yang sulit diselesaikan dengan menggunakan pendekatan standar, algoritma genetika merupakan salah satu algoritma yang paling efektif untuk digunakan (Dehghani, 2011). Solusi alami untuk masalah dapat ditemukan dengan menggunakan algoritme genetika, yang merupakan algoritme komputasi yang terinspirasi oleh gagasan evolusi dan kemudian diterapkan pada algoritme komputasi. Salah satu contoh aplikasi algoritma genetika adalah masalah optimasi kombinatorial, yaitu proses penentuan nilai solusi ideal untuk masalah yang memiliki banyak solusi potensial.

### 2.4.3 Pendahuluan Algoritma Genetika

Beberapa pengertian dasar yang perlu diketahui untuk mempelajari suatu program algoritma genetika sebagai berikut :

- a. *Genotype* (Gen), menunjukkan unit dasar yang berkontribusi pada pembentukan makna tertentu dalam unit gen tunggal yang dikenal sebagai kromosom.
- b. Kromosom, sekelompok gen yang bersama-sama menghasilkan nilai tertentu.
- c. Allele, merupakan nilai dari gen.
- d. Individu, mengungkapkan nilai atau kondisi yang mengungkapkan salah satu dari banyak alternatif solusi untuk topik yang sedang dibahas.
- e. Populasi, adalah sekelompok orang yang akan dievaluasi dalam siklus prosedur penilaian sebagai sekelompok individu.
- f. Seleksi, adalah prosedur untuk memilih individu yang memenuhi syarat sebagai kandidat.
- g. Crossover, Persilangan gen dari dua tetua tertentu adalah



proses pertukaran atau persilangan gen.

Hal-hal yang harus dilakukan dalam pemrosesan program algoritma genetika yaitu (Sutojo dkk, 2010) :

1. Mendefinisikan individu, dimana individu menyatakan salah satu solusi (penyelesaian) yang mungkin dari permasalahan yang diangkat.
2. Mendefinisikan nilai fitness, yang merupakan ukuran baik-tidaknya sebuah individu baik-tidaknya solusi yang didapat.
3. Menentukan proses pembangkitan populasi awal. Hal ini biasanya dilakukan dengan menggunakan pembangkitan acak seperti *random-walk*.
4. Menentukan proses seleksi yang akan digunakan.
5. Menentukan proses perkawinan silang (*cross-over*) dan mutasi gen yang akan digunakan.



**Gambar 2.10 Visualisasi Gen, Allele, Kromosom, Individu, dan Populasi**

Hal penting yang harus diketahui dalam pemakaian Algoritma genetika (Sutojo dkk, 2010):

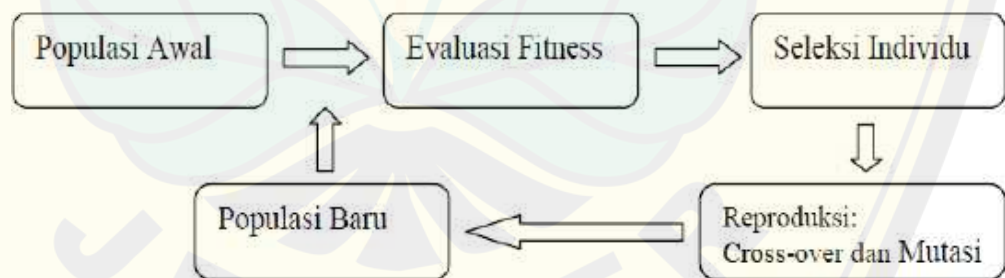
1. Hal ini dapat diamati dalam proses pembangkitan populasi awal, yang menyatakan kumpulan solusi yang diambil secara acak. Algoritme genetika dibuat sebagai hasil dari proses

pencarian solusi menggunakan pencarian acak; hal ini terlihat pada proses pencarian solusi menggunakan random search.

2. Pencarian berikut dilakukan sesuai dengan metode teori genetika, yang berkaitan dengan gagasan tentang bagaimana menghasilkan orang yang lebih baik, sehingga dapat diantisipasi bahwa individu yang sangat baik akan diperoleh selama proses penilaian.

### 2.4.3 Komponen Utama Algoritma Genetika

Gambar 2.4 menggambarkan cara kerja algoritma genetika dalam bentuk yang paling sederhana. Langkah pertama dalam pengembangan algoritma genetika adalah memulai dengan pemilihan populasi awal yang sekuat mungkin. Ini diikuti dengan penentuan tingkat kebugaran setiap individu dalam populasi. Langkah selanjutnya adalah memilih individu terbaik dan merekrut mereka, dilanjutkan dengan proses mutasi untuk menciptakan populasi baru yang lebih selektif dari populasi sebelumnya. Selama periode pertumbuhan dan penurunan, populasi ini mengikuti pola yang sama seperti sebelumnya (Basuki, 2003). Metode ini diulang sampai generasi ke-n selesai.



**Gambar 2.11 Siklus Algoritma Genetika Oleh David Goldberg**

Ada beberapa komponen algoritma genetika yang perlu diketahui sebelum pembuatan program diantaranya yaitu (Zukhri, 2013):

#### h. Teknik Pengkodean

Ketika gen merupakan komponen kromosom, teknologi pengkodean adalah metode penyandian gen dari kromosom yang mengandungnya. Gen sering digunakan untuk mewakili variabel. Solusi alternatif harus terlebih dahulu dikodekan dalam bentuk kromosom agar dapat diproses oleh algoritma genetika sebelum dapat diproses. Setiap kromosom memiliki sejumlah besar gen, yang masing-masing mengkodekan informasi yang terkandung pada kromosom tertentu. Selain bit dan bilangan real, gen dapat direpresentasikan dengan cara berikut: daftar aturan, elemen permutasi, elemen program, dan representasi tambahan yang dapat diterapkan untuk operator genetik (Sutojo et al., 2010).

#### i. Membangkitkan Populasi Awal

Ketika sejumlah besar orang dibangkitkan secara acak atau menurut teknik tertentu, ini disebut sebagai generasi populasi awal. Ukuran populasi ditentukan oleh sifat masalah yang akan ditangani serta jenis operator genetik yang akan digunakan. Setelah ditentukan besarnya populasi, maka dilakukan proses pembuatan populasi pertama. Ada berbagai pendekatan yang dapat digunakan untuk menghasilkan populasi awal ini, termasuk yang tercantum di bawah ini:

- a. Mulailah mencari solusi dari titik uji tertentu, seperti yang Anda lakukan dengan pendekatan pencarian acak. Titik uji disebut sebagai totalitas karena dianggap sebagai pilihan alternatif.
- b. Menghasilkan angka acak untuk nilai setiap gen sesuai dengan representasi kromosom yang digunakan adalah apa yang dilakukan generator acak.
- c. Cara tertentu (menyisipkan nilai-nilai tertentu dalam gen)  
Tujuan dari strategi ini adalah untuk memasukkan nilai-nilai tertentu ke dalam gen yang berasal dari populasi asli

yang telah dibuat.

- d. Substitusi gen adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan proses penggantian satu gen dengan yang lain. Dalam masalah kombinatorial, pendekatan ini menggunakan substitusi josephus (seperti TSP).

- j. Fungsi fitness

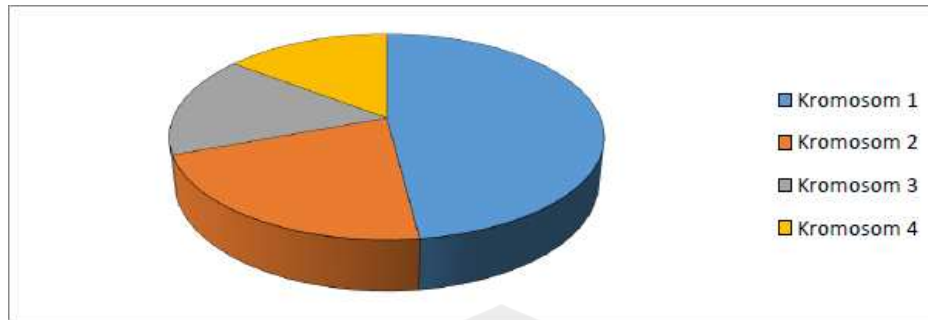
Individu atau kromosom dievaluasi berdasarkan peran tertentu untuk menilai kinerja mereka secara keseluruhan. Fungsi fitness mengacu pada fungsi yang digunakan untuk menentukan nilai fitness atau derajat ideal suatu kromosom pada suatu populasi tertentu. Nilai fungsi yang diperoleh sebagai konsekuensi mencerminkan seberapa optimal solusi tersebut. Jumlah persyaratan yang dilanggar diwakili oleh nilai yang diberikan oleh fungsi kebugaran; karenanya, dalam situasi pengajaran, semakin rendah jumlah persyaratan yang dilanggar, dan oleh karena itu, semakin baik solusi yang dicapai.

- k. Seleksi

Setiap kromosom dalam populasi akan menjalani prosedur seleksi untuk dipilih sebagai kromosom induk. Mereka yang memiliki kromosom sehat akan hidup dan menghasilkan anak-anak baru untuk generasi berikutnya, menurut teori evolusi Charles Darwin. Ada beberapa pilihan, antara lain (Zukhri, 2013):

- a. Seleksi *Roulette Wheel*

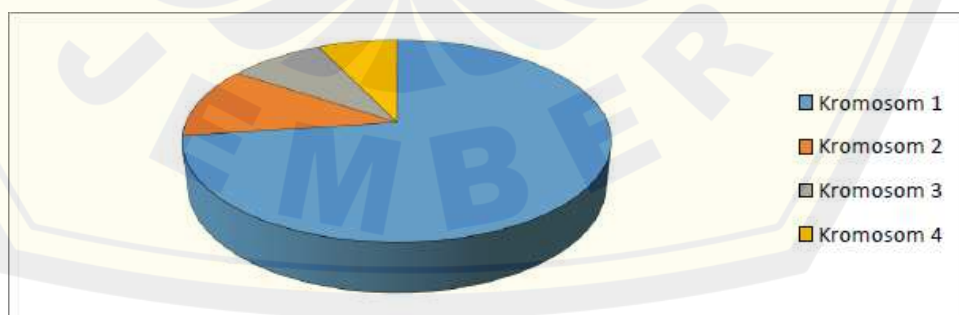
Untuk dipilih sebagai induk, setiap kromosom dalam populasi akan melalui proses seleksi. Menurut teori evolusi Darwin, kromosom yang sangat baik akan bertahan dan bereproduksi untuk menghasilkan keturunan baru untuk fase evolusi berikutnya. Anda dapat memilih dari sejumlah alternatif, termasuk (Zukhri, 2013):



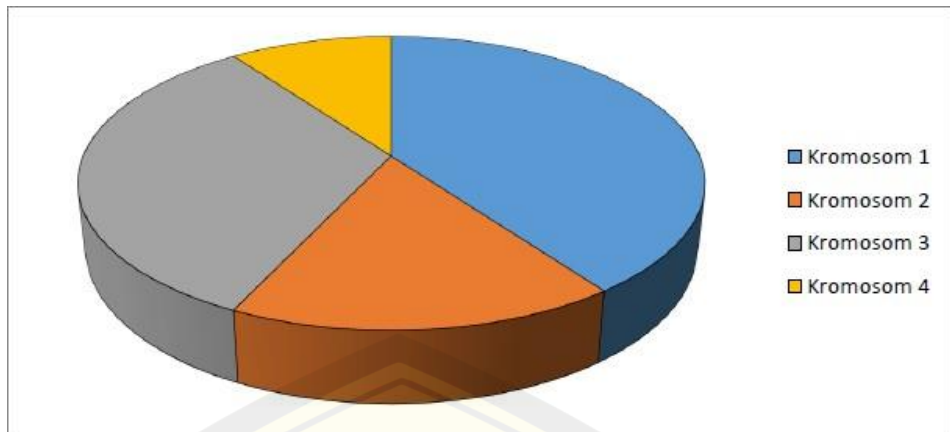
**Gambar 2.12 Roulette wheel**

b. Seleksi Rangkaing

Dibandingkan dengan metode seleksi sebelumnya yaitu roulette, proses seleksi ini lebih efektif karena meningkatkan kemungkinan terpilihnya kromosom dengan nilai fitness dominan hingga 90 persen dalam proses seleksi ini. Nilai kebugaran lainnya akan memiliki kemungkinan lebih rendah untuk dipilih sebagai akibat dari ini. Untuk menjawab masalah di atas, digunakan pemilihan peringkat. Pertama, semua kromosom diurutkan berdasarkan kualitas larutan. Kemudian, tergantung pada nilai fitness, semua kromosom disusun sesuai dengan nilai fitness. Kemudian ditentukan bahwa kromosom terburuk sekarang memiliki nilai fitness baru 1, dan kromosom terburuk kedua sekarang memiliki nilai fitness baru 2, dan seterusnya. Nilai fitness baru  $n$  untuk kromosom terbaik ini dialokasikan ke populasi, di mana  $n$  adalah jumlah total kromosom yang ada..



**Gambar 2.13 Seleksi sebelum dirangkaing**



**Gambar 2.14 Seleksi sesudah dirangking**

c. Seleksi *Steady State*

Karena dicapai dengan mempertahankan kandidat yang paling berkualitas, strategi ini umumnya tidak digunakan dalam proses seleksi. Dalam setiap generasi, sejumlah besar kromosom yang paling tidak adaptif akan diambil dan diganti dengan anak-anak dari generasi sebelumnya. Akibatnya, sebagian besar populasi akan dilestarikan untuk generasi mendatang.

d. Seleksi Turnamen

Penggunaan kejadian alam, seperti persaingan antar individu dalam suatu populasi, sebagai kriteria seleksi adalah teknik lain dari seleksi. Hal ini dicapai dengan memilih secara acak sejumlah besar kromosom dari populasi. Orang tua akan dipilih dari antara anggota kelompok yang paling memenuhi syarat.

e. Truncation Random

Jika dibandingkan dengan pendekatan roda roulette, strategi ini tidak terlalu rumit untuk dipraktikkan. Seleksi acak kromosom dibuat, tetapi tidak semua kromosom diberi kesempatan; hanya kromosom terbaik yang diberikan kesempatan.



f. *Cross-Over* atau Kawin Silang

Dalam algoritma genetika, proses hibridisasi adalah salah satu operator yang paling penting untuk dipahami. Cara dan jenis hibridisasi yang digunakan akan ditentukan oleh pengkodean dan tantangan yang dihadapi. Beberapa pendekatan untuk crossover dapat diterapkan berdasarkan kode berikut (Zukhri, 2013):

## 1. Binary encoding

• *Crossover* satu titik

Memilih satu titik tertentu, selanjutnya nilai biner sampai titik crossovernya dari induk pertama digunakan dan sisanya dilanjutkan dengan nilai biner dari induk kedua, contoh :

$$11001011 + 11011111 = 11001111$$

• *Crossover* dua titik

Memilih dua titik tertentu, lalu nilai biner sampai titik crossover pertama pada induk pertama digunakan, dilanjutkan dengan nilai biner dari titik sampai titik kedua dari induk kedua, kemudian sisanya dilanjutkan nilai biner dari titik kedua induk pertama lagi, contoh :

$$11001011 + 11011111 = 11011111$$

• *Crossover* uniform

Nilai biner yang digunakan dipilih secara random dari kedua induk, contoh :



$$11001011 + 11011111 = 11011111$$

- Crossover aritmatka

Suatu operasi aritmatika digunakan untuk menghasilkan offspring yang baru, contoh :

$$11001011 + 11011111 = 11001001 \text{ (AND)}$$

2. Permutation encoding

Memilih satu titik tertentu, nilai permutation sampai titik crossover. Pada induk pertama digunakan lalu sisanya dilakukan scan terlebih dahulu, jika nilai permutasi pada induk kedua belum ada pada offspring nilai tersebut ditambahkan, contoh :

$$(123456789) + (453689721) = 12345689$$

3. Value encoding

Semua metode crossover pada binary crossover bisa digunakan.

4. Tree encoding

Memilih satu titik tertentu dari tiap induk, dan menggunakan tree dibawah titik pada induk pertama dan tree dibawah induk kedua.

g. Mutasi

Mutasi adalah proses mengubah nilai satu atau lebih gen pada suatu kromosom. Mutasi ini berperan dalam menggantikan gen yang hilang dari populasi akibat seleksi, yang memungkinkan gen yang tidak muncul saat populasi diinisialisasi muncul kembali. Beberapa metode operasi mutasi digunakan dalam algoritma genetika, antara lain:

a. Mutasi dalam pengkodean biner.

Mutasi pada pengkodean biner merupakan operasi yang sangat sederhana. Proses yang dilakukan adalah menginversi nilai bit pada posisi tertentu yang dipilih secara acak pada kromosom, contoh.

Kromosom sebelum mutasi : 1 0 0 1 0 1 1 1

Kromosom sesudah mutasi : 1 0 0 1 0 0 1 1\

b. Mutasi dalam pengkodean permutasi.

Pengkodean biner tidak dapat digunakan untuk melakukan mutasi karena konsistensi urutan harus diperhitungkan. Inilah sebabnya mengapa mutasi tidak dapat dilakukan dengan pengkodean pengganti. Untuk melakukan ini, Anda dapat memilih dua tempat pada kromosom dan kemudian mengubah nilainya, seperti ini:

Kromosom sebelum mutasi : 1 2 3 4 6 5 8 7 9

Kromosom sesudah mutasi : 1 2 7 4 6 5 8 3 9

c. Mutasi dalam pengkodean nilai

Metode yang berbeda dapat digunakan untuk mencapai mutasi nilai kode. Salah satu metodenya adalah memilih lokasi gen apa pun pada kromosom dan kemudian menambahkan atau menghapus nilai minimum acak tertentu dari nilai kode yang sudah ada.

Contoh mutasi yang menyandi bilangan real, penambahan atau pengurangan mutasi adalah 0,1

Contoh:

Kromosom sebelum mutasi : 1,43 1,09 4,51 9,11 6,94

Kromosom sesudah mutasi : 1,43 1,19 4,51 9,01 6,94

d. Mutasi dalam pengkodean pohon

Mutasi pada pengkodean pohon dapat dilakukan dengan mengubah operator (+, -, \*, /) atau dengan memilih nilai yang terdapat pada simpul pohon. Atau dapat dilakukan dengan memilih dua simpul dari pohon dan menukar operator atau nilainya.

h. Kondisi Selesai

Jika persyaratan terpenuhi, algoritma genetika akan menghentikan proses pencarian; namun, jika kondisi tidak terpenuhi, algoritma genetika akan melanjutkan proses penilaian kebugaran.

### 2.4.3 Penerapan Algoritma Genetika

#### a. Membangkitkan populasi

Untuk memulai langkah pembuatan populasi, Anda harus terlebih dahulu memilih berapa banyak orang yang akan dimasukkan dalam populasi. Penting untuk mempertimbangkan jumlah orang ketika memilih di mana recloser harus ditempatkan. Jumlah ini sama dengan jumlah bagian yang diambil dari feeder. Nilai SAIDI dan SAIFI dari bagian tersebut digunakan untuk menentukan posisi kromosom. Menurut rumus SAIDI dan SAIFI, nilai tingkat kegagalan, ketidakterediaan, dan waktu perbaikan digunakan untuk menghitung nilai kromosom yang membentuk gen. Rumus berikut mewakili fungsi tujuan dari solusi optimasi ini, yang dapat dipahami sebagai berikut:

$$SAIDI_1 = \frac{\lambda_{L1} \cdot r_{L1} \cdot m_{L1} + \lambda_{L2} \cdot r_{L2} \cdot m_{L2} + \dots + \lambda_{Ln} \cdot r_{Ln} \cdot m_{Ln}}{m_{L1} + m_{L2} + \dots + m_{Ln}} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$SAIFI_1 = \frac{\lambda_{L1} \cdot m_{L1} + \lambda_{L2} \cdot m_{L2} + \dots + \lambda_{Ln} \cdot m_{Ln}}{m_{L1} + m_{L2} + \dots + m_{Ln}} \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

$\lambda_L$  = Laju kegagalan dari trafo tiga fasa TTR (kegagalan/tahun)

$r_L$  = Waktu keluar dari trafo tiga fasa TTR ( %/tahun)

#### b. Nilai fitness

Pada titik ini, nilai fitness menyatakan nilai fungsi tujuan dalam bentuk nilai fitness. Tujuan dari algoritma genetika adalah untuk memaksimalkan nilai fitness dari suatu populasi individu. Jika nilai terbesar adalah yang diinginkan, maka nilai fitness sama dengan nilai fungsi sebagai fungsi. Namun, jika Anda mencari nilai minimum, nilai fitness akan menjadi kebalikan dari nilai fungsi itu sendiri, seperti yang terlihat pada contoh di bawah ini. Persamaan berikut digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi penempatan recloser menggunakan fungsi fitness:

$$f(x) = \frac{1}{SAIDI \cdot SAIFI} \dots\dots\dots(2.10)$$

Setelah menghitung dengan rumus diatas maka akan mendapatkan populasi baru, yang disebut dengan populasi pertama yang merupakan hasil yang diperoleh dari proses seleksi.

c. Linier Fitness Ranging (LFR)

Ini adalah tujuan peringkat kebugaran linier untuk mencegah konvergensi prematur yang dihasilkan oleh seseorang dengan nilai kebugaran terbesar yang menghasilkan sejumlah besar keturunan pada generasi tertentu melalui proses pindah silang dan mutasi yang dapat menghasilkan maksimum lokal. Persamaan berikut (Sutojo et al., 2010) dapat digunakan untuk nilai fitness untuk menskalakannya:

$$LFR(n) = f_{max} - (f_{max} - f_{min}) \left( \frac{R(n)-1}{N-1} \right) \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan:

- LFR(n) = nilai LFR individu ke-n  
 N = jumlah individu dalam populasi  
 R(n) = ranking individu ke-n setelah diurutkan dari nilai fitness terbesar hingga terkecil.  
 fmax = nilai fitness tertinggi  
 fmin = nilai fitness terendah

d. Roulette wheel

*Roulette wheel* merupakan metode seleksi yang paling sering digunakan dengan masing-masing individu menempati potongan lingkaran roda secara proposional sesuai nilai fitnessnya. Pemilihan orang tua dilakukan secara acak dengan membangkitkan bilangan *random*. Jika probabilitas individu ke-n < bilangan random, maka individu ke-n terpilih sebagai orang tua. Nilai probabilitas dapat dicari dengan rumus (Zainudin Zukhri, 2013) :

$$probabilitas = \frac{\text{jumlah kumulatif nilai LFR}}{\text{jumlah total nilai LFR}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Seleksi ini dipergunakan untuk memilih dua buah individu yang nantinya akan dijadikan sebagai orang tua, kemudian dilakukan proses pindah silang untuk mendapatkan keturunan baru.

e. Pindah Silang (*Cross over*)

Sebuah individu yang mengarah pada solusi optimal bisa diperoleh melalui proses pindah silang, dengan catatan bahwa proses cross over hanya bisa dilakukan

jika sebuah bilangan random ( $r$ ) dalam interval  $[0, 1]$  yang dibangkitkan nilainya lebih kecil dari probabilitas tertentu, dengan kata lain  $r < \text{probabilitas}$ . Nilai probabilitas biasanya mendekati 1. Untuk gen bertipe data real cara pindah silang digunakan rumus berikut (T. Sutojo dkk, 2010):

$$x_1'(T) = r \cdot x_1(T) + (r-1) \cdot x_2(T) \dots\dots\dots (2.13)$$

$$x_2'(T) = r \cdot x_2(T) + (r-1) \cdot x_1(T) \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

$x$  = Gen

$T$  = Posisi gen yang mengalami mutasi

$r$  = Bilangan random  $[0, 1]$

f. Mutasi

Bila bilangan acak yang dihasilkan lebih kecil dari peluang mutasi ( $p$ ) yang telah dihitung, mutasi dilakukan pada semua gen yang ada pada seseorang. Dalam kebanyakan kasus, nilai  $p$  ditentukan sama dengan  $1/N$ , di mana  $N$  adalah jumlah gen yang ada pada seseorang. Untuk gen yang mengandung tipe data nyata, mutasi dilakukan dengan mengubah nilai gen yang dimodifikasi dari satu nilai ke nilai lainnya (pada posisi  $T$ , dengan  $T = \text{random}$ ). Bilangan kecil  $\epsilon$  yang ditentukan dalam interval  $[0, 1]$ . Berikutnya untuk menentukan nilai gen yang baru dapat dicari melalui rumus berikut :

$$x'(T) = x + \epsilon \dots\dots\dots (2.15)$$

g. Penggantian Populasi

Proses pindah silang dan mutasi mengakibatkan semua orang asli dari suatu generasi digantikan oleh individu baru sebagai akibat dari proses penggantian populasi. Setelah populasi diganti, populasi baru disebut sebagai generasi kedua, dan siap untuk diproses kembali sampai generasi ke- $n$  tercapai.

### BAB 3. METODE PENELITIAN

Bab tentang teknik penelitian ini mencakup sejumlah topik penting, termasuk lokasi dan waktu penelitian, peralatan dan bahan penelitian, diagram blok dan diagram alir sistem, serta prosedur pengumpulan dan pemrosesan data. Keandalan sistem jaringan distribusi PT PLN (Persero) sistem jaringan distribusi Rayon Ambulu pada penyulang Blater akan dievaluasi dalam penelitian ini. Tujuan dari sistem ini adalah untuk menentukan lokasi penempatan yang optimal untuk recloser melalui penggunaan perhitungan sistem.

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

##### 2.4.3 Tempat Penelitian

Tempat penelitian yang dijadikan sebagai acuan dalam pengambilan data dan analisis adalah sebagai berikut:

1. PT PLN (Persero) Distribusi Area Sukorambi
2. PT PLN (Persero) rayon Suritani
3. Laboratorium Listrik Dasar Fakultas Teknik Universitas Jember

##### 2.4.3 Waktu Penelitian

Waktu penelitian pada pengerjaan ini dilakukan selama 5 bulan yakni dimulai pada bulan April sampai dengan September 2021. Adapun kegiatan yang dilakukan selama waktu penelitian tersebut adalah sebagai berikut:



**Tabel 3.1 Rencana Kegiatan Tugas Akhir**

No	Kegiatan	Bulan				
		I	II	III	IV	V
1	Persiapan	■	■	■		
2	Studi Literatur		■	■	■	
3	Pengambilan Data			■	■	
4	Pengolahan Data			■	■	■
5	Pembuatan Laporan				■	■

Keterangan :

■ : Kegiatan dilaksanakan

### 3.2 Alat dan Bahan

Pada tahap penelitian ini diperlukan alat dan bahan yang diperlukan sebelum pembuatan program sebagai berikut:

1. Hardware : Laptop Spesifikasi Min Core i3
2. Software : Simulink MATLAB R2013a

### 3.3 Prosedur Penelitian

Pada metode penelitian ini menggunakan prosedur penelitian dengan langkah-langkah sebagai berikut:

#### 1. Studi Litarature

Penelitian kepustakaan dilakukan dengan mengumpulkan informasi dari berbagai sumber, antara lain buku, judul jurnal, makalah, dan makalah yang telah diterbitkan sebelumnya, yang digunakan sebagai referensi dan referensi penelitian untuk pengembangan lebih lanjut guna menganalisis optimalisasi penempatan recloser dan untuk membuat rekomendasi untuk penelitian masa depan.

#### 2. Pengambilan Data

Informasi kuantitatif yang dikumpulkan selama pembuatan tugas akhir ini meliputi tata letak lantai atau diagram satu



garis, data beban (seperti jumlah pengguna, kapasitas transformator, panjang umpan, dan data gangguan pada penyulang PT Blatter), dan data gangguan pada penyulang PT Blatter. pengumpan Blatter. Direncanakan akan menggunakan algoritma evolusioner untuk mengoptimalkan penempatan recloser guna meningkatkan kehandalan sistem distribusi penyulang Blater, menurut proyek Rayon Ambulu PLN (Persero).

### 3. Pembuatan Program Algoritma Genetika

Perancangan sistem optimasi dilakukan dengan menggunakan software Matlab R2013a yang dipadukan dengan pendekatan optimasi algoritma genetika. Enam langkah terlibat dalam pengembangan perangkat lunak simulasi ini. Tahapan pertama adalah: penambahan populasi, penghitungan fitness, pemeringkatan fitness linier, tahap rolet, tahap span, dan mutasi. Tahap kedua adalah: peningkatan populasi, tahap ketiga adalah: mutasi. Hal ini dimungkinkan untuk mengamati fungsi tujuan untuk memecahkan masalah optimasi ini dalam rumus 2.8 dan 2.9. Ketika optimasi ini dilakukan, fungsi fitness diselesaikan seperti yang ditunjukkan pada rumus 2.10.

### 4. Pembuatan Laporan

Ini adalah langkah terakhir sebelum pekerjaan akhir dapat diselesaikan dengan sukses. Setelah itu, setelah mengumpulkan data dan mengolahnya, hasil yang telah diselesaikan didokumentasikan dengan menilai peristiwa yang terjadi dari awal implementasi hingga kesimpulannya di akhir implementasi. Materi laporan disusun dalam lima bab, yang masing-masing memiliki bagian tersendiri. Pendahuluan, tinjauan pustaka, metodologi penelitian, diskusi, dan kesimpulan semuanya tercakup dalam bab pertama. Bab pertama dibagi menjadi tiga bagian:

pendahuluan, tinjauan pustaka, metodologi penelitian, dan kesimpulan. Bagian kedua dibagi menjadi dua bagian: diskusi dan kesimpulan. Kesimpulan diambil dari temuan Selesai dalam proyek.

### 3.4 Tahap Analisis

Dalam penelitian ini untuk menyelesaikannya maka menggunakan tahapan-tahapan penelitian sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data single line diagram, jumlah pelanggan, panjang saluran, laju kegagalan dan waktu keluaran
2. Membagi penyulang Suritani menjadi 8 group berdasarkan letak LBS.
3. Mencari nilai laju kegagalan, waktu keluaran dan ketidaktersediaan dari masing-masing group.
4. Menghitung nilai SAIDI dan SAIFI pada masing-masing group.
5. Membangkitkan populasi dengan memasukkan load point penyulang Suritani.
6. Memasukkan nilai populasi awal ke fungsi *fitness* dan akan mendapatkan nilai populasi yang pertama.
7. Melakukan proses *linear fitness ranking*.
8. Melakukan seleksi menggunakan *roulette wheel*.
9. Melakukan proses pindah silang (*crossing over*).
10. Melakukan proses mutasi dan akan mendapatkan nilai populasi baru.
11. Menggulung kembali proses perhitungan *fitness* sampai proses mutasi sampai generasi sama dengan jumlah generasi total yaitu sebesar 500 generasi.
12. Memili 5 *fitness* terbaik sebagai referensi dalam meletakkan recloser.

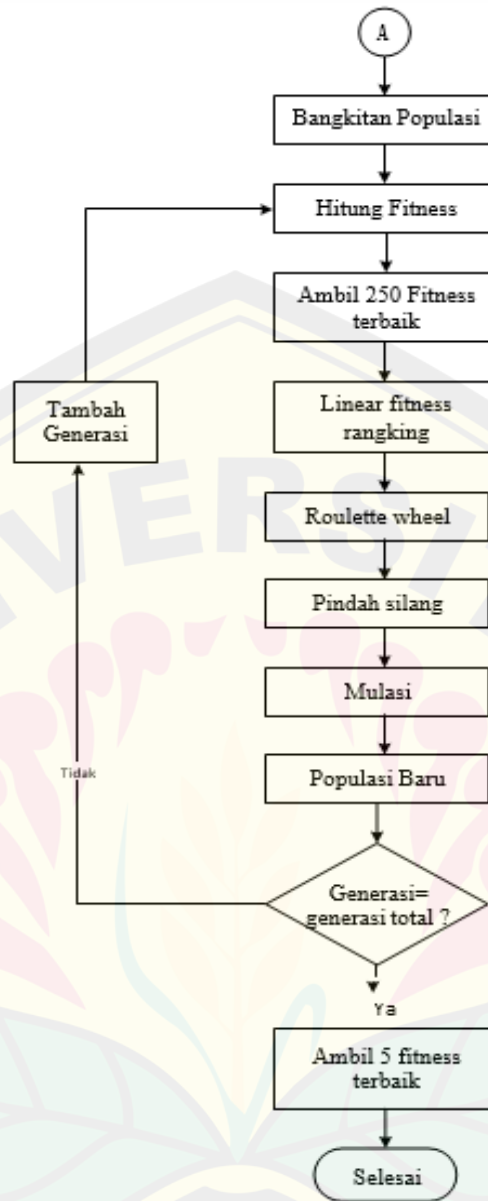
### 3.5 Alur perhitungan Data



**Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem Data yang Diperlukan PT**

PLN (Persero) Rayon Ambulu diwakili oleh gambar pada diagram blok 3.1, yang merupakan metode pengolahan data. Langkah pertama adalah mengumpulkan informasi dari perusahaan. Setelah itu, data pengumpan baris tunggal dipisahkan menjadi 8 bagian tergantung pada posisi LBS, dan nilai tingkat kegagalan, waktu keluaran, dan ketidaktersediaan dipertimbangkan untuk sampai pada nilai SAIDI dan SAIFI, masing-masing.

### 3.6 Alur Kerja Program Genetika Algoritma



**Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem  
Pembuatan Program**

Menggunakan sistem pemrograman algoritma genetika (seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2), digunakan untuk mengidentifikasi jawaban nilai reduksi SAIFI dan SAIDI terbesar di setiap kelompok untuk memilih penempatan recloser yang paling ideal. Tahap awal dalam menyelesaikan masalah ini adalah menentukan parameter nilai SAIDI dan SAIFI, yang kemudian dimasukkan ke dalam software optimasi

menggunakan algoritma genetika untuk mencari solusi optimal:

```

% Algoritma Genetika terdiri dari:
% 1. Satu populasi dengan UkPop kromosom
% 2. Binary encoding
% 3. Linear fitness ranking
% 4. Roulette-wheel selection
% 5. Pindah silang satu titik potong
% 6. Probabilitas pindah silang dan probabilitas
mutasibernilai tetap
% 7. Elitisme, satu atau dua buah kopi dari individu
bernilaifitness tertinggi
% 8. Generational replacement: mengganti semua individu
denganindividu baru
%=====
====
clc                                % Me-refresh command window
clear all                          % Menghapus semua semua
variabelyang sedang
aktif
Nvar = 116;                        % Jumlah variabel pada fungsi
yang dioptimasi
Nbit = 1;                          % Jumlah bit yang mengkodekan
satu variabel
JumGen = Nbit*Nvar;               % Jumlah gen dalam kromosom
Rb = 0;                            % Batas bawah interval
Ra = 7.5;                          % Batas atas interval
UkPop = 250;                       % Jumlah kromosom dalam populasi
MaxG = 500;                        % Jumlah generasi
Psilang = 0.8;                    % Probabilitas pindah silang
Pmutasi = 0.05;                   % Probabilitas mutasi
BilKecil = 10^-1;                 % Digunakan untuk menghindari
pembagian dengan 0
Fthreshold = 1/BilKecil;          % Threshold untuk nilai Fitness
Bgraf = 10;                       % Untuk menangani tampilan grafis

% Inisialisasi
grafis 2Dhfig =
figure;
hold on
title('Optimasi fungsi menggunakan AG standar dengan grafis
2dimensi')
set(hfig, 'position',
[50,50,600,400]);set(hfig,
'DoubleBuffer', 'on'); axis([1
MaxG 0 Bgraf]);
hbestplot = plot(1:MaxG, zeros(1,MaxG));
htext1 = text(0.6*MaxG,0.30*Bgraf,sprintf('Fitness terbaik:
%7.4f', 0.0));
htext2 = text(0.6*MaxG,0.25*Bgraf,sprintf('Variabel X1:
%5.4f',0.0));
htext3 = text(0.6*MaxG,0.20*Bgraf,sprintf('Variabel X2:
%5.4f',0.0));
htext4 = text(0.6*MaxG,0.15*Bgraf,sprintf('Nilai minimum:
%5.4f', 0.0));

```

```

htext5 = text(0.6*MaxG,0.10*Bgraf,sprintf('Ukuran populasi:
%3.0f', 0.0));
htext6 = text(0.6*MaxG,0.05*Bgraf,sprintf('Letak
Recloser: %d',0.0));
xlabel('Generasi');
ylabel('Fitness
terbaik');hold off
drawnow;

% Inisialisasi populasi
Populasi = InisialisasiPopulasi(UkPop,JumGen,Ra,Rb);

% Loop evolusi
for generasi=1:MaxG,
    x =
        DekodekanKromosom(Populasi(1,:),Nvar,Nbit,Ra,Rb
        );[Fitness(1) saidi(1) saifi(1)]=
        EvaluasiIndividu(x,BilKe
        cil); MaxF =
        Fitness(1);
        MinF = Fitness(1);
        IndeksIndividuTerbai
        k = 1;for
        ii=2:UkPop,
            Kromosom = Populasi(ii,:);
            x =
                DekodekanKromosom(Kromosom,Nvar,Nbit,Ra,Rb
                );[Fitness(ii) saidi(ii) saifi(ii)] =
                EvaluasiIndividu(x,BilKe
                cil); if
                (Fitness(ii) >
                MaxF),
                    MaxF = Fitness(ii);
                    IndeksIndividuTerbaik
                    = ii;BestX = x;
                end
                if (Fitness(ii) <
                MinF),MinF =
                Fitness(ii);
            e
            n
            d
            e
            n
            d
[a]=find(BestX(101:116)>0);
% Penanganan grafis 2D
plotvector = get(hbestplot,'YData');
plotvector(generasi) = MaxF;
set(hbestplot,'YData',plotvector);
set(htext1,'String',sprintf('Fitness terbaik:
%7.4f',
MaxF));
set(htext2,'String',sprintf('Variabel saidi:
%5.4f',saidi(IndeksIndividuTerbaik)));
set(htext3,'String',sprintf('Variabel saifi:
%5.4f',saifi(IndeksIndividuTerbaik)));
set(htext4,'String',sprintf('Nilai minimum:

```

```

if MaxF >= Fthreshold,
    break;
end

TempPopulasi = Populasi;

% Elitisme:
% - Buat satu kopi kromosom terbaik jika ukuran populasi
ganjil
% - Buat dua kopi kromosom terbaik jika ukuran populasi
genap
if mod(UkPop,2)==0, % ukuran populasi genap
    IterasiMulai = 3;
    TempPopulasi(1,:) = Populasi(IndeksIndividuTerbaik,:);
    TempPopulasi(2,:) = Populasi(IndeksIndividuTerbaik,:);
else % ukuran populasi ganjil
    IterasiMulai = 2;
    TempPopulasi(1,:) = Populasi(IndeksIndividuTerbaik,:);
end

LinearFitness =
LinearFitnessRanking(UkPop,Fitness,MaxF,MinF);

% Roulette-wheel selection dan pindah silang
for jj=IterasiMulai:2:UkPop,
    IP1 = RouletteWheel(UkPop,LinearFitness);
    IP2 = RouletteWheel(UkPop,LinearFitness);
    if (rand < Psilang),
        Anak =
PindahSilang(Populasi(IP1,:),Populasi(IP2,:),JumGen);
        TempPopulasi(jj,:) = Anak(1,:);
        TempPopulasi(jj+1,:) = Anak(2,:);
    else
        TempPopulasi(jj,:) = Populasi(IP1,:);
        TempPopulasi(jj+1,:) = Populasi(IP2,:);
    end
end

% Mutasi dilakukan pada semua kromosom
for kk=IterasiMulai:UkPop,
    TempPopulasi(kk,:) = Mutasi(TempPopulasi(kk,:),JumGen-
16,Pmutasi);
end

% Generational Replacement: mengganti semua kromosom
sekaligus
Populasi = TempPopulasi;

end

```



## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan memberikan penjelasan tentang temuan yang dikumpulkan selama penyelidikan. Temuan penelitian adalah hasil gabungan nilai SAIDI dan SAIFI dalam sistem penyulang tunggal. Untuk memperkirakan jarak recloser terbaik, data yang dihitung digunakan bersama dengan analisis perhitungan yang telah diselesaikan. Setelah penentuan jarak ideal, tahap selanjutnya adalah penentuan titik optimasi melalui penggunaan Algoritma Genetika..

### 4.1 Gambaran Sistem Distribusi Penyulang Suritani

Pada system kelistrikan penyulang suritani disuplai dari Gardu Induk Banyuwangi. Penyualng ini menyuplai listrik untuk 6 desa yaitu desa Badean, Dadapan, Pondoknongo, Blimbingsri, Karangbendo, dan Watukebo yang berada di 3 kecamatan yakni Kecamatan Kabat, Rogojampi dan Blimbingsari. Pada penyulang Suritani ini mempunyai Panjang keseluruhan section 30,243 Km yang terbagi menjadi 4 *section* serta memiliki sebanyak 26 titik dan 4970 pelanggan. Dalam perkembangannya Penyulang Suritani terdiri 19 trafo umum dan 7 trafo khusus untuk prasaranan umum yaitu Kawasan industri dan bandara udara.

#### 2.4.3 Data Sistem Jaringan Distribusi pada Penyulang Suritani

Berikut ini adalah data-data yang diperlukan untuk menentukan letak optimasi dari penempatan *recloser*:

1. *Single line* dari penyulang Suritani
2. Data panjang saluran penyulang Suritani
3. Data jumlah pelanggan pada gardu distribusi dalam satu penyulang Suritani

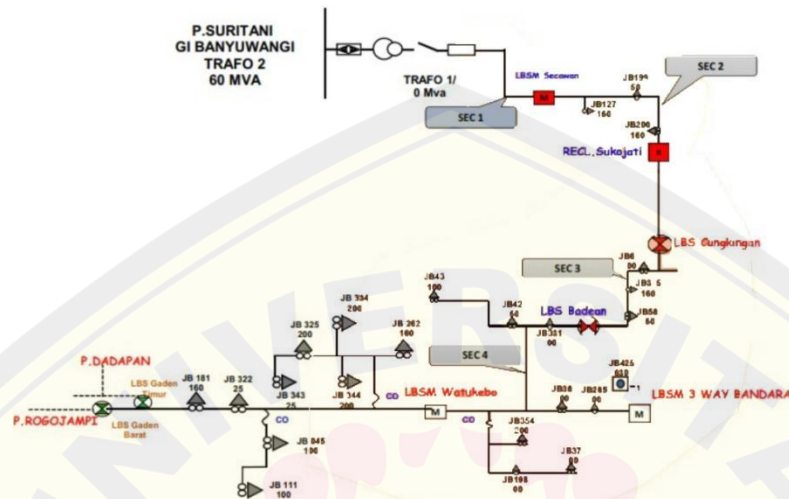
Data-data tersebut nantinya akan digunKn untuk mendapatkan nilai keandalan dalam suatu sistem distribusi yang akan dipakai sebagai input pada proses optimasi menggunakan algoritma genetika.

Untuk mempermudah proses analisis dan perhitungan dengan menggunakan metode Algoritma Genetika, maka penyulang Suritani dibagi menjadi beberapa *section* , dimana setiap *section* ini untuk menjadikan jaringan penyulang suritani lebih sederhana dn lebih mudah dilakukan analisis. Pembagian section dilakukan untuk dibuat tanda menggunakan pemisah PMT ataupun peralatan-peralatan

*sectionalizer* lainnya seperti LBS dan *motorized LBS*.

### 2.4.3 Single Line Diagram Penyulang Suritani

Berikut ini merupakan gambaran single line diagram dari pembagian section Penyulang Suritani:

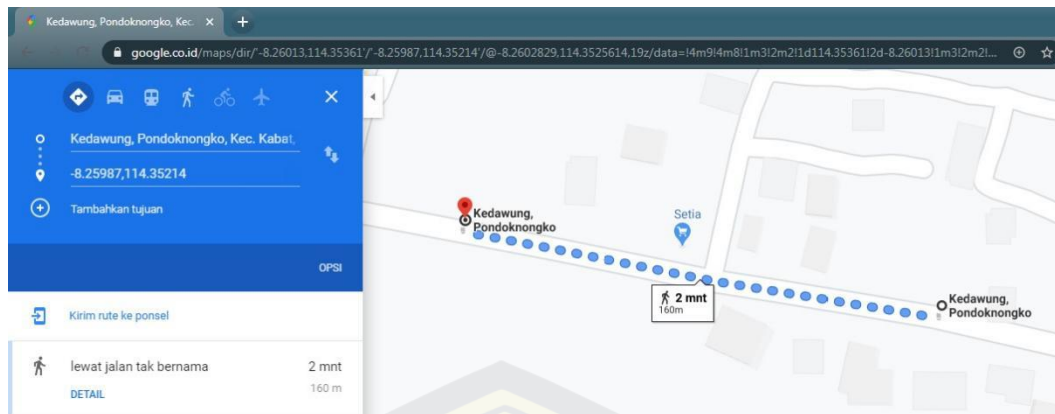


**Gambar 4.1** *Single Line diagram* penyulang Suritani

Gambar tersebut merupakan single line yang sudah terbagi menjadi 4 grup yang nantinya akan digunakan untuk mencari nilai laju kegagalan dan ketidaktersediaan yang kemudian akan digunakan dalam pencarian dari nilai SAIDI dan SAIFI. 8 grup tersebut dibagi berdasarkan dari letak LBS yang digunakan untuk mempermudah dari proses optimasi algoritma genetika.

### 4.2 Data Panjang Saluran (Line)

Dalam proses pengambilan data Panjang line, data yang digunakan berupa titik koordinat X dan koordinat Y pada suatu titik beban dan pihak PT. PLN UP3 Banyuwangi tidak memiliki data secara spesifik, sehingga hal ini membutuhkan adanya pengukuran jarak koordinat untuk menentukan jarak tersebut dengan menggunakan aplikasi Google Maps. Pada gambar 4.2 menunjukkan contoh pengukuran jarak line 2 yang diukur dari titik beban pertama sampai dengan titik beban yang kedua melalui aplikasi Google Maps. Berikut ini adalah contoh perhitungan dari Panjang saluran.



**Gambar 4.2 Proses Pengukuran Panjang Line Dengan Google Maps**

Dengan cara yang sama digunakan untuk menentukan section 1 sampai dengan section 4. Berikut ini adalah hasil yang didapat dari Panjang line tersebut.

**Tabel 4.1 Panjang Line Section 1**

Lokasi	Komponen	Panjang (Kms)
GI Banyuwangi - LP 1	Line 1	9,870

**Tabel 4.2 Panjang Line Section 2**

Lokasi	Komponen	Panjang (Kms)
Load point 1 – Load point 2	Line 2	1
Load point 2 – Load point 3	Line 3	0,75
Load point 3 – Load point 4	Line 4	0,16

**Tabel 4.3 Panjang Line Section 3**

Lokasi	Komponen	Panjang (Kms)
Load point 4 – Load point 5	Line 5	4,6
Load point 5 – Load point 6	Line 6	0,13
Load point 6 – Load point 7	Line 7	0,3
Load point 7 – Load point 8	Line 8	0,75
Load point 8 – Load point 9	Line 9	0,2

**Tabel 4.4 Panjang Line Section 3 (Lanjutan)**

Lokasi	Komponen	Panjang (Kms)
Load point 9 – Load point 10	Line 10	0,4
Load point 10 – Load point 11	Line 11	0,45
Load point 11 – Load point 12	Line 12	0,15

**Tabel 4.5 Panjang Line Section 4**

Lokasi	Komponen	Panjang (Kms)
Load point 12 – Load point 13	Line 13	0,45
Load point 13 – Load point 14	Line 14	0,85
Load point 14 – Load point 15	Line 15	2
Load point 15 – Load point 16	Line 16	1,1
Load point 16 – Load point 17	Line 17	1,8
Load point 17 – Load point 18	Line 18	1,6
Load point 18 – Load point 19	Line 19	0,35
Load point 19 – Load point 20	Line 20	1,1
Load point 20 – Load point 21	Line 21	0,23
Load point 21 – Load point 22	Line 22	0,5
Load point 22 – Load point 23	Line 23	0,4
Load point 23 – Load point 24	Line 24	0,4
Load point 24 – Load point 25	Line 25	0,35
Load point 25 – Load point 26	Line 26	0,35
<b>TOTAL</b>		<b>30,243</b>

Data panjang penyulang tersebut nantinya akan digunakan dalam perhitungan untuk menentukan dari nilai laju kegagalan dan nilai ketidakterersediaan satu komponen yang ada dalam saluran penyulang Suritani. Kemudian setelah itu melakukan perhitungan untuk mencari nilai SAIDI dan SAIFI pada penyulang Suritani.

#### **4.3 Data Jumlah Pelanggan**

Dalam proses pengambilan data jumlah pelanggan yang dibebankan oleh Penyulang Suritani dilakukan di kantor PT PLN UP3 Banyuwangi. Data jumlah

pelanggan merupakan data jumlah pelanggan yang dilayani setiap unit titik beban yang memiliki kapasitas trafo yang berbeda-beda. Untuk data jumlah pelanggan dari Penyulang Suritani dapat dilihat pada table dibawah ini:

**Tabel 4.6 Data Pelanggan Section 2**

<i>Load point</i>	<b>Kapasitas Gardu (kVA)</b>	<b>Koordinat X</b>	<b>Koordinat Y</b>	<b>Jumlah Pelanggan</b>
1	160	114,34439	-8,25679	569
2	50	114,35361	-8,26013	204
3	100	114,35214	-8,25987	122
4	100	114,35210	-8,25439	15
<b>Jumlah</b>				<b>910</b>

**Tabel 4.7 Data Pelanggan Section 3**

<i>Load point</i>	<b>Kapasitas Gardu (kVA)</b>	<b>Koordinat X</b>	<b>Koordinat Y</b>	<b>Jumlah Pelanggan</b>
5	100	114,34602	-8,29669	248
6	100	114,34482	-8,29658	147
7	100	114,34401	-8,29519	48
8	160	114,34110	-8,30156	80
9	160	114,34029	-8,30301	208
10	160	114,33836	-8,30593	513
11	100	114,33492	-8,30553	267
12	250	114,33436	-8,30490	1
<b>Jumlah</b>				<b>1512</b>

Tabel 4.8 Data Pelanggan *Section 4*

<i>Load point</i>	Kapasitas Gardu (kVA)	Koordinat X	Koordinat Y	Jumlah Pelanggan
13	100	114,33103	-8,30509	3
14	160	114,32339	-8,30387	585
15	100	114,31567	-8,29984	476
16	200	114,31777	-8,30904	1
17	100	114,32240	-8,31709	383
18	100	114,33673	-8,31470	62
19	1250	114,33635	-8,31363	1
20	200	114,31619	-8,32177	1
21	100	114,31476	-8,32279	210
22	200	114,31772	-8,32157	1
23	160	114,31973	-8,32453	647
24	100	114,31712	-8,32559	176
25	100	114,31503	-8,32383	1
26	100	114,31835	-8,32743	1
<b>Jumlah</b>				<b>2548</b>

Dari data table diatas dapat dilihat bahwa jumlah pelanggan penyulang Suritani berbeda-beda. Untuk pelanggan *section 2* berjumlah 910 pelanggan, *section 3* berjumlah 1512 pelanggan dan *section 4* berjumlah 2548 pelanggan. Namun untuk daerah *section 1* karena letaknya berdekatan dengan gardu induk banyuwangi sampai dengan *section 2* maka hal ini tidak ada pelanggan. Sehingga total keseluruhan dari pelanggan penyulang Suritani berjumlah 4970 pelanggan.

Dari data jumlah pelanggan dalam satu saluran penyulang tersebut nantinya akan digunakan dalam perhitungan untuk menentukan nilai laju kegagalan dan nilai ketidaktersediaan suatu komponen yang ada dalam sistem saluran Suritani. Kemudian melakukan perhitungan untuk mencari nilai SAIDI dan SAIFI pada penyulang Suritani.

#### 4.4 Menghitung Nilai Keandalan Sistem Distribusi Penyulang Suritani

Setelah melakukan pengambilan data di PT PLN (Persero) Rayon Suritani dengan data yang sudah tertulis di sebelumnya, maka langkah setelah melakukan pembagian grup menjadi 8 berdasarkan letak dari LBS selanjutnya yaitu melakukan



perhitungan untuk mencari nilai dari laju kegagalan dan ketidakpastian komponen dari setiap grupnya. Berikut langkah-langkah yang dilakukan :

1. Mengetahui dari nilai panjang saluran yang ada pada tabel 4.1 hingga 4.7 dan mengetahui jumlah pelanggan pada tabel
2. Menghitung nilai dari laju kegagalan ( $\lambda$ ) dan ketidaktersediaan komponen (U) yang nantinya digunakan untuk mendapatkan nilai keandalan. Dalam menghitung laju kegagalan ( $\lambda$ ) menggunakan persamaan 2.5 dan ketidaktersediaan (U) menggunakan persamaan 2.6. Perhitungan ini dilakukan di setiap grupnya, jadi nanti pada akhirnya didapatkan 8 nilai laju kegagalan dan ketidaktersediaan.

Berikut adalah nilai *failure rate* peralatan ( $\lambda$ ) dan nilai dari waktu perbaikan (r) tiap komponen didapatkan dari buku SPLN No. 9 Tahun 1985 mengenai "Keandalan pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV". indeks kegagalan peralatan adalah standar yang digunakan sebagai batasn waktu dan laju kegagalan yang masig diperbolehkan oleh pihak PT PLN (Persero) apabila terjadi gangguan.

**Tabel 4.9 Data Indeks Keandalan Sluran Udara**

Saluran Udara	
Sustained <i>failure rate</i> ( $\alpha$ /km/yr)	0,2
r (repaire time) (jam)	3
rs (switch time) (jam)	0,15

Sumber : SPLN No. 59 : 1985

**Tabel 4.10 Indeks Kegagalan Peralatan**

Komponen	<i>Failure rate</i>	<i>Repaire time</i> (jam)	<i>Switching time</i> (jam)
Trafo Distribusi	0,005/unit/tahun	10	0,15
<i>Circuit Breaker</i>	0,004/unit/tahun	10	0,15
<i>Sectionalizer</i>	0,003/unit/tahun	10	0,15
Penutup Balik	0,005/unit/tahun	10	0,25

Sumber : SPLN No. 59 : 1985



#### 4.5 Analisis Indeks Kegagalan Menggunakan Metode Algoritma Genetika

Menganalisis hasil evaluasi berupa penyulang distribusi berdasarkan data yang diperoleh yaitu panjang saluran (line) dan jumlah titik beban per titik beban (load point), dimana hasil akhirnya adalah nilai indeks sistem distribusi dari Indeks SAIFI (System Average Interruption Frequency)) dan sistem SAIDI (System Average Interruption Frequency). Indeks Durasi Gangguan Rata-Rata Sistem). Penting untuk menilai tingkat kegagalan (failure rate) dan perbaikan peralatan sistem jaringan 20 kV sesuai dengan SPLN 59:1985.

Perhitungan indeks keandalan penyulang untuk setiap *section* dijelaskan sebagai berikut:

##### 2.4.3 Section 1

Tahap pertama di bagian 1 adalah menentukan jenis peralatan yang ada di bagian jaringan yang memungkinkan terjadinya interferensi dan berdampak pada kinerja jaringan secara keseluruhan, baik dalam waktu perbaikan maupun waktu switching. Daftar perlengkapan bagian 1 dapat dilihat pada tabel Lembar Kerja Teknik Bagian 1 di bawah ini.

**Tabel 4.11 Section Technique Worksheet Section 1**

Data Peralatan		Efek Sistem	
No Gangguan	Komponen	<i>Load Point yang Dipengaruhi Repair Time</i>	<i>Load point yang Dipengaruhi Switching time</i>
1	CB	-	LP 1 - LP 26
2	<i>Line 1</i>	-	LP 1 - LP 26
3	<i>Sectionalizer 1</i>	-	LP 1 - LP 26

Berdasarkan tabel di atas, terdapat tiga jenis peralatan yaitu CB, line 1, dan Sectionalizer 1, dan jika peralatan tersebut mengalami kegagalan maka akan berdampak pada kinerja sistem jaringan titik beban 1 sampai 26 khususnya pada saat switching. kali atau pemadaman sementara yang disebabkan oleh pembukaan dan penutupan sakelar. beban yang menerima listrik dari feed lain. Laju kegagalan dan durasi gangguan untuk setiap titik beban dapat dihitung menggunakan tabel ini, yaitu:

- Laju Kegagalan (*Failure rate*) Load Poin di Section 1

Laju kegagalan (failure rate) titik beban dihitung dengan menjumlahkan laju kegagalan peralatan yang mempengaruhi titik beban, yang meliputi persamaan antara laju kegagalan peralatan saluran dan panjang saluran udara. Tingkat kegagalan peralatan dihitung dengan menggunakan persyaratan SPLN No. 59: 1985.

Laju kegagalan titik beban dihitung dengan mengalikan laju kegagalan peralatan (saluran) dengan panjang udara, dan contoh penggunaan jalur 1 pada titik beban 1 adalah sebagai berikut:

$$\lambda (\text{line } 1) = \text{Failure rate Peralatan Line 1} \times \text{Panjang Saluran Udara}$$

$$= 0,2 \times 9,870 = 1,974 \text{ gangguan/tahun}$$

Kemudian menjumlahkan hasil *failure rate* setiap peralatan untuk memperoleh *failure rate load point* dengan rumus seperti pada persamaan 2.1 :

$$\lambda LP = \sum_{i=k} \lambda_i$$

Dimana :

$\lambda_i$  = laju kegagalan untuk peralatan K (gangguan/tahun)

K = semua peralatan yang berpengaruh terhadap *load point*

Berikut merupakan tabel hasil perhitungan laju kegagalan *load point* 1 sampai *load point* 26 adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.12 Perhitungan laju kegagalan LP 1 - LP 26**

Peralatan	Failure rate Peralatan (gangguan/tahun/km)	Panjang Saluran Udara (km)	$\lambda$ (gangguan/tahun)
CB	0,004	-	0,004
Line 1	0,2	9,870	1,974
Sectionalizer 1	0,003	-	0,003
<b>Jumlah Total Laju Kegagalan (<math>\sum_{i=k} \lambda_i</math>)</b>			<b>1,981</b>

Tabel di atas menggambarkan bahwa tingkat kegagalan load point 1 dihitung dengan menggunakan total tingkat kegagalan peralatan yang mempengaruhi LP1, yang berisi persamaan antara tingkat kegagalan peralatan jalur 1 dan panjang maskapai. Oleh karena itu, tingkat kegagalan pada titik beban 1 dihitung pada 1.981 gangguan per tahun.

Laju kegagalan dari titik beban 1 ke titik beban 26 adalah sama yaitu 1.981 gangguan/tahun. Hal ini disebabkan kurangnya titik beban di bagian 1, dan tingkat kegagalan peralatan transformator di bagian 1 tidak dipertimbangkan.

### B. Durasi Gangguan *Load point* di *Section 1*

Selanjutnya diperoleh batas tahanan titik beban dengan cara mengurangi durasi gangguan yang mempengaruhi titik beban, termasuk perkalian tingkat kegagalan peralatan yang telah dihitung sebelumnya dan waktu perbaikan atau switching tergantung pada kondisi peralatan, apakah peralatan harus menjalani perbaikan atau mengalami kondisi switching ketika terjadi. Berikut adalah contoh situasi kendala peralatan titik beban 1 (baris 1):

$$U (\text{line 1}) = \text{failure rate peralatan } (\lambda) \times (\text{switching time}) \\ = 1,974 \times (0,15) = 0,2961 \text{ jam/tahun}$$

Kemudian langkah selanjutnya menjumlahkan durasi gangguan setiap peralatan pada *load point* yang dihitung untuk memperoleh durasi gangguan *load point* dengan rumus persamaan 2.2 adalah sebagai berikut :

$$ULP = \sum_{i=k} \lambda_i \times r_j$$

Dimana:

$\lambda_i$  = laju kegagalan untuk peralatan K (gangguan/tahun)

K = semua peralatan yang berpengaruh terhadap *load point*

$r_j$  = waktu perbaikan (*repairing time* atau *switching time*) (jam)

ULP = durasi pemadaman dalam satu tahun pada titik beban (jam/tahun)

Berikut merupakan tabel hasil perhitungan durasi gangguan load point 1 sampai load point 26 :

Tabel 4.12 Perhitungan Durasi Gangguan (U) LP 1 – LP 26

Peralatan	$\lambda$ ( <i>fault/yr</i> )	<i>Switching time</i> (jam)	U (jam/tahun)
CB	0,004	0,15	0,0006
<i>Line 1</i>	1,974	0,15	0,2961
<i>Sectionalizer 1</i>	0,003	0,15	0,00045
<b>Jumlah Total Durasi Gangguan (<math>\sum_{i=k} U_i</math>)</b>			<b>0,297</b>

Karena separator dapat membuka dan menutup sakelar beban

sementara untuk daya dari umpan lain, efek gangguan pada titik beban 1 sampai 26 pada tabel di atas sama dengan waktu penyalaan 0,297 jam per tahun. Akibatnya, titik beban 1 hingga 26 akan kembali ke keadaan semula.

**Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Laju Kegagalan dan Durasi Gangguan *Load point* di *Section 1***

<i>Load point</i>	Indeks Keandalan <i>Load point</i>	
	$\lambda$ ( <i>fault/yr</i> )	U (jam/tahun)
<i>Load point 1</i>	1,981	0,297
<i>Load point 2</i>	1,981	0,297
<i>Load point 3</i>	1,981	0,297
<i>Load point 4</i>	1,981	0,297
<i>Load point 5</i>	1,981	0,297
<i>Load point 6</i>	1,981	0,297
<i>Load point 7</i>	1,981	0,297
<i>Load point 8</i>	1,981	0,297
<i>Load point 9</i>	1,981	0,297
<i>Load point 10</i>	1,981	0,297
<i>Load point 11</i>	1,981	0,297
<i>Load point 12</i>	1,981	0,297
<i>Load point 13</i>	1,981	0,297
<i>Load point 14</i>	1,981	0,297
<i>Load point 15</i>	1,981	0,297
<i>Load point 16</i>	1,981	0,297
<i>Load point 17</i>	1,981	0,297
<i>Load point 18</i>	1,981	0,297
<i>Load point 19</i>	1,981	0,297
<i>Load point 20</i>	1,981	0,297
<i>Load point 21</i>	1,981	0,297
<i>Load point 22</i>	1,981	0,297
<i>Load point 23</i>	1,981	0,297
<i>Load point 24</i>	1,981	0,297
<i>Load point 25</i>	1,981	0,297
<i>Load point 26</i>	1,981	0,297

### C. Indeks Keandalan Sisi Pelanggan di Section 1

Setelah diketahui nilai *failure rate* dan durasi gangguan, maka dapat dihitung nilai indeks keandalan sisi pelanggan yakni SAIFI dan SAIDI untuk setiap load point, dengan rumus berdasarkan persamaan 2.3 dan 2.4 adalah sebagai berikut :

$$\text{SAIFI} = \frac{\sum N_{LP} X \lambda_{LP}}{\sum N}$$

dan

$$\text{SAIDI} = \frac{\sum N_{LP} X U_{LP}}{\sum N}$$

Dengan :

$N_{LP}$  = jumlah konsumen pada *load point*

$N$  = jumlah seluruh konsumen pada sistem

$\lambda_{LP}$  = *failure rate load point*

$U_{LP}$  = durasi gangguan peralatan pada *load point*

Contoh perhitungan nilai SAIFI dan SAIDI untuk *load point* 1 di section 1 adalah :

$$\begin{aligned} \text{SAIFI LP1} &= \frac{569 \times 1,981}{4970} \\ &= 0,2268 \text{ gangguan/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SAIDI LP1} &= \frac{569 \times 0,297}{4970} \\ &= 0,034 \text{ jam/tahun} \end{aligned}$$

Pada perhitungan SAIFI dan SAIDI untuk load point 1 nilai SAIFI sebesar 0,2268 gangguan/tahun dan nilai SAIDI sebesar 0,034 jam/tahun; prosedur perhitungan yang sama digunakan untuk titik beban 2 sampai 26. Tabel berikut merangkum temuan perhitungan nilai indeks pelanggan SAIFI dan SAIDI di Bagian 1:

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan SAIFI dan SAIDI Section 1

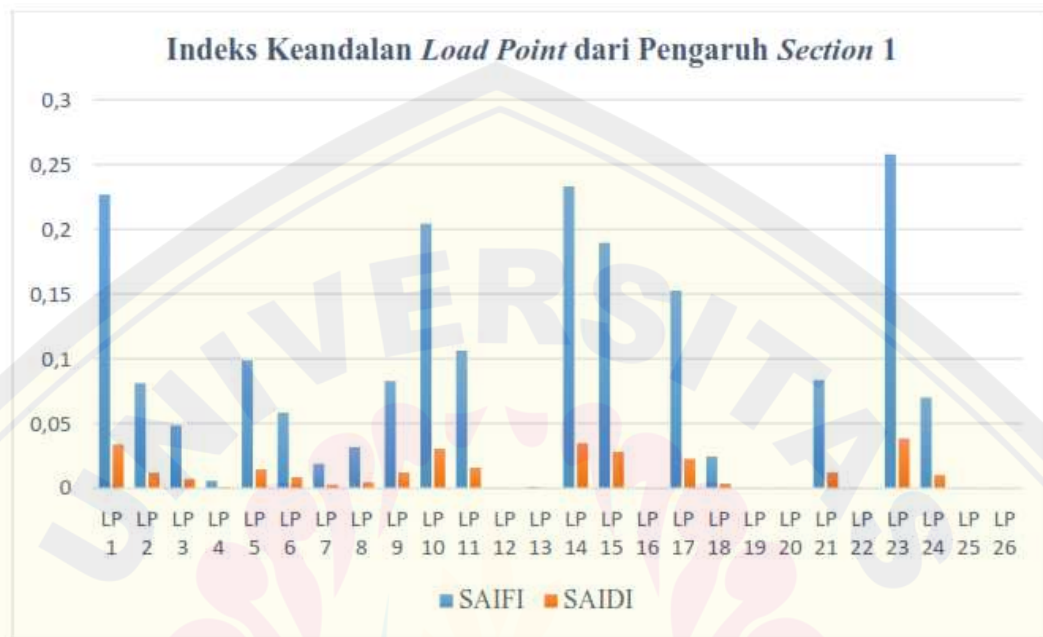
<i>Load point</i>	Indeks Keandalan Sisi Pelanggan	
	SAIFI (gangguan/tahun)	SAIDI (jam/tahun)
<i>Load point 1</i>	0,2268	0,0340
<i>Load point 2</i>	0,0813	0,0122
<i>Load point 3</i>	0,0486	0,0073

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan SAIFI dan SAIDI Section 1 (Lanjutan)

<i>Load point</i>	Indeks Keandalan Sisi Pelanggan	
	SAIFI (gangguan/tahun)	SAIDI (jam/tahun)
<i>Load point 4</i>	0,0060	0,0009
<i>Load point 5</i>	0,0989	0,0148
<i>Load point 6</i>	0,0586	0,0088
<i>Load point 7</i>	0,0191	0,0029
<i>Load point 8</i>	0,0319	0,0048
<i>Load point 9</i>	0,0829	0,0124
<i>Load point 10</i>	0,2045	0,0307
<i>Load point 11</i>	0,1064	0,0160
<i>Load point 12</i>	0,0004	0,0001
<i>Load point 13</i>	0,0012	0,0002
<i>Load point 14</i>	0,2332	0,0350
<i>Load point 15</i>	0,1897	0,0284
<i>Load point 16</i>	0,0004	0,0001
<i>Load point 17</i>	0,1527	0,0229
<i>Load point 18</i>	0,0247	0,0037
<i>Load point 19</i>	0,0004	0,0001
<i>Load point 20</i>	0,0004	0,0001
<i>Load point 21</i>	0,0837	0,0125
<i>Load point 22</i>	0,0004	0,0001
<i>Load point 23</i>	0,2579	0,0387
<i>Load point 24</i>	0,0702	0,0105
<i>Load point 25</i>	0,0004	0,0001
<i>Load point 26</i>	0,0004	0,0001
<b>TOTAL</b>	<b>1,975</b>	<b>0,2970</b>



Setelah didapatkan nilai SAIFI dan SAIDI untuk setiap titik beban, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai SAIFI dan SAIDI seksi 1 dengan menjumlahkan total nilai SAIFI dan SAIDI untuk semua titik pembebanan, menghasilkan nilai SAIFI seksi 1 sebesar 1.975 gangguan/tahun dan nilai SAIDI seksi 1 sebesar 0,2970 jam/tahun.



Gambar 4.3 Grafik Indeks Keandalan Load Point dari Pengaruh Section 1

### 2.4.3 Section 2

Terdapat peralatan pada seksi 2 ini yang dapat menimbulkan gangguan dan berdampak pada peralatan Suritani, yang tercantum dalam tabel lembar kerja Bagian Teknik 2 sebagai berikut:

Tabel 4.15 Section Technique Worksheet Section 2

Data Peralatan		Efek Sistem	
No Gangguan	Komponen	Load point yang Dipengaruhi Repair time	Load point yang Dipengaruhi Switching time
1	Trafo 1	LP 1	-
2	Trafo 2	LP 2	-
3	Trafo 3	LP 3	-
4	Trafo 4	LP 4	-

5	<i>Line 2</i>	LP 1 - LP 4	LP 5 - LP 26
6	<i>Line 3</i>	LP 1 - LP 4	LP 5 - LP 26
7	<i>Line 4</i>	LP 1 - LP 4	LP 5 - LP 26
8	<i>Line 5</i>	LP 1 - LP 4	LP 5 - LP 26
9	<i>Sectionalizer 1</i>	LP 1 - LP 4	LP 5 - LP 26
10	<i>Sectionalizer 2</i>	LP 1 - LP 4	LP 5 - LP 26
11	Penutup Balik	LP 1 - LP 4	LP 5 - LP 26

Pada tabel di atas terdapat tiga jenis peralatan yaitu trafo, line, dan sectionalizer yang memungkinkan terjadinya gangguan pada sistem jaringan penyulang Suritani jika peralatan tersebut mengalami gangguan, yang akan mempengaruhi kinerja sistem jaringan titik beban 1 sampai 4 selama perbaikan sementara titik beban 5 ke titik beban 26 selama waktu switching. Hal ini berbeda dengan kondisi seksi 1 dimana jika komponen peralatan titik beban pada seksi 2 mengalami gangguan maka titik beban pada seksi 3 dan 4 akan mengalami pemadaman singkat dalam jangka waktu tertentu sebelum kembali normal setelah dialiri listrik dari pengumpan lain. Laju kegagalan dan durasi gangguan pada setiap titik beban dapat ditentukan dengan menggunakan tabel ini, yaitu:

**a. Laju Kegagalan (*Failure Rate*) Load point di Section 2**

Laju kegagalan titik beban dihitung dengan cara yang sama seperti pada bagian 1, yaitu dengan menjumlahkan laju kegagalan peralatan yang mempengaruhi titik beban, yang meliputi persamaan antara laju kegagalan peralatan saluran udara. Dengan berpedoman pada aturan SPLN No. 59 : 1985 tentang tingkat kegagalan peralatan

Persamaan laju kegagalan peralatan (jalur) dengan panjang udara termasuk dalam laju kegagalan beban titik, dan ilustrasi skenario ini menggunakan jalur 2 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\lambda (\text{line 2}) &= \text{Failure rate Peralatan Line 2} \times \text{Panjang Saluran Udara} \\ &= 0,2 \times 1 = 0,2 \text{ gangguan/tahun}\end{aligned}$$

Kemudian menjumlahkan hasil *failure rate* setiap peralatan untuk memperoleh *failure rate load point* dengan rumus seperti pada persamaan 2.1

$$\lambda_{LP} = \sum_{i=k} \lambda_i$$

Dimana :

$\lambda$  = laju kegagalan untuk peralatan K (gangguan/tahun)

K = semua peralatan yang berpengaruh terhadap *load point*

Berikut merupakan tabel hasil perhitungan laju kegagalan *load point* 1 sampai *load point* 4 adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.16 Perhitungan laju kegagalan LP 1 - LP 4**

Peralatan	Failure Rate Peralatan (gangguan/tahun/km)	Panjang Saluran Udara (km)	$\lambda$ (gangguan/tahun)
Trafo 1	0,005	-	0,005
Trafo 2	0,005	-	0,005
Trafo 3	0,005	-	0,005
Trafo 4	0,005	-	0,005
Line 2	0,2	1	0,2
Line 3	0,2	0,75	0,15
Line 4	0,2	0,16	0,032
Sectionalizer 1	0,003	-	0,003
Sectionalizer 2	0,003	-	0,003
Penutup Balik	0,005	-	0,005
<b>Jumlah Total Kelajuan Kegagalan (<math>\sum_{i=k} \lambda_i</math>)</b>			<b>0,413</b>

Berdasarkan tabel di atas, tingkat kegagalan titik beban 1 dihitung dengan menggunakan total tingkat kegagalan peralatan yang mempengaruhi LP1, yang berisi persamaan antara tingkat kegagalan peralatan setiap saluran dan panjang saluran udara. Dengan demikian, tingkat kegagalan titik beban 1 dihitung pada 0,413 gangguan per tahun. Tingkat kegagalan titik beban 1 sampai 4 sama yaitu 0,413 gangguan/tahun. Hal ini disebabkan karena setiap titik beban pada bagian 2 memiliki tingkat kegagalan yang sama untuk setiap transformator.

Tabel 4.17 Perhitungan laju kegagalan LP 5 - LP 26

Peralatan	Failure rate Peralatan (gangguan/tahun/km)	Panjang Saluran Udara (km)	$\lambda$ (gangguan/tahun)
Line 2	0,2	1	0,2
Line 3	0,2	0,75	0,15
Line 4	0,2	0,16	0,032
Sectionalizer 1	0,003	-	0,003
Sectionalizer 2	0,003	-	0,003
Penutup Balik	0,005	-	0,005
<b>Jumlah Total Kelajuan Kegagalan (<math>\sum_{i=k} \lambda_i</math>)</b>			<b>0,393</b>

Tabel di atas menghitung laju kegagalan dari titik beban 5 ke titik beban 26 dengan hasil yang sama yaitu 0,393 gangguan/tahun, karena jika peralatan transformator pada seksi 2 terganggu maka tidak akan mempengaruhi kinerja titik beban pada seksi 1, 3, dan 4, sehingga nilai kegagalan masing-masing transformator dianggap 0 atau tidak diperhitungkan.

**b. Durasi Gangguan Load point di Section 2**

Selanjutnya dalam batas tahanan titik beban dilakukan dengan cara yang sama seperti pada bagian 1 yaitu dengan menambah durasi gangguan yang mempengaruhi titik beban, yang meliputi mengalikan tingkat kegagalan peralatan yang telah dihitung sebelumnya dengan waktu perbaikan. atau mengubah waktu tergantung pada apakah peralatan harus menjalani waktu perbaikan. atau hanya mengubah keadaan waktu ketika gangguan terjadi. Ilustrasi Bagian 2 tentang situasi kendala peralatan (baris 2) adalah sebagai berikut:

$$U (\text{line 2}) = \text{failure rate peralatan } (\lambda) \times (\text{repair time}) \\ = 0,2 \times (3) = 0,6 \text{ jam/tahun}$$

Kemudian langkah selanjutnya menjumlahkan durasi gangguan setiap peralatan pada *load point* yang dihitung untuk memperoleh durasi gangguan *load point* dengan rumus persamaan 2.2 adalah sebagai berikut :

$$ULP = \sum_{i=k} \lambda_i \times r_j$$

Dimana:

$\lambda_i$  = laju kegagalan untuk peralatan K (gangguan/tahun)

K = semua peralatan yang berpengaruh terhadap *load point*

$r_j$  = waktu perbaikan (*repairing time* atau *switching time*) (jam)

ULP = durasi pemadaman dalam satu tahun pada titik beban (jam/tahun)

Berikut merupakan tabel hasil perhitungan durasi gangguan *load point* 1 sampai *load point* 4 :

**Tabel 4.18 Perhitungan Durasi Gangguan (U) LP 1 – LP 4**

Peralatan	$\lambda$ ( <i>fault/yr</i> )	<i>Repair time</i> (jam)	U (jam/tahun)
Trafo 1	0,005	10	0,05
Trafo 2	0,005	10	0,05
Trafo 3	0,005	10	0,05
Trafo 4	0,005	10	0,05
<i>Line</i> 2	0,2	3	0,6
<i>Line</i> 3	0,15	3	0,45
<i>Line</i> 4	0,032	3	0,096
<i>Sectionalizer</i> 1	0,003	10	0,03
<i>Sectionalizer</i> 2	0,003	10	0,03
Penutup Balik	0,005	10	0,05
<b>Jumlah Total Durasi Gangguan (<math>\sum_{i=k} U_i</math>)</b>			<b>1,456</b>

Karena nilai waktu perbaikan komponen peralatan pada part 2 sama dan tidak ada peralatan yang mengalami *switching time* maka lama gangguan dari titik beban 1 sampai titik beban 4 sama pada tabel diatas yaitu 1.456 jam per tahun. Sedangkan dari *load point* 5 ke *load point* 26 akan melalui periode waktu *changeover* secara bersamaan. Ilustrasi Bagian 2 tentang situasi kendala peralatan (baris 2) adalah sebagai berikut:

$$U (\text{line } 2) = \text{failure rate peralatan } (\lambda) \times (\text{switching time}) \\ = 0,2 \times (0,15) = 0,03 \text{ jam/tahun}$$

Berikut merupakan tabel hasil perhitungan durasi gangguan *load point* 5 sampai *load point* 26 :

**Tabel 4.19 Perhitungan Durasi Gangguan (U) LP 5 – LP 26**

Peralatan	$\lambda$ ( <i>fault/yr</i> )	Switching time (jam)	U (jam/tahun)
<i>Line 2</i>	0,2	0,15	0,03
<i>Line 3</i>	0,15	0,15	0,022
<i>Line 4</i>	0,032	0,15	0,004
<i>Sectionalizer 1</i>	0,003	0,15	0,00045
<i>Sectionalizer 2</i>	0,003	0,15	0,00045

**Tabel 4.19 Perhitungan Durasi Gangguan (U) LP 5 – LP 26 (Lanjutan)**

Peralatan	$\lambda$ ( <i>fault/yr</i> )	Switching time (jam)	U (jam/tahun)
Penutup Balik	0,005	0,25	0,00125
<b>Jumlah Total Durasi Gangguan (<math>\sum_{i=k} U_i</math>)</b>			<b>0,058</b>

Temuan gangguan pada titik beban 5 sampai 26 adalah sama, 0,058 jam per tahun. Hal ini terjadi karena pada saat komponen peralatan pada seksi 2 mengalami gangguan, maka sectionalizer dibuka sebentar sehingga menyebabkan titik beban 5 sampai 26 padam pada saat transisi. Ketika sakelar beban (switch) terpasang, titik beban 5 titik beban 26 akan dapat memperoleh kembali daya.

**Tabel 4.20 Hasil Perhitungan Laju Kegagalan dan Durasi Gangguan Load point di Section 2**

Load point	Indeks Keandalan Load point	
	$\lambda$ ( <i>fault/yr</i> )	U (jam/tahun)
<i>Load point 1</i>	0,413	1,456
<i>Load point 2</i>	0,413	1,456
<i>Load point 3</i>	0,413	1,456
<i>Load point 4</i>	0,413	1,456
<i>Load point 5</i>	0,393	0,058
<i>Load point 6</i>	0,393	0,058
<i>Load point 7</i>	0,393	0,058
<i>Load point 8</i>	0,393	0,058
<i>Load point 9</i>	0,393	0,058
<i>Load point 10</i>	0,393	0,058
<i>Load point 11</i>	0,393	0,058



<i>Load point 12</i>	0,393	0,058
<i>Load point 13</i>	0,393	0,058
<i>Load point 14</i>	0,393	0,058
<i>Load point 15</i>	0,393	0,058
<i>Load point 16</i>	0,393	0,058
<i>Load point 17</i>	0,393	0,058

**Tabel 4.20 Hasil Perhitungan Laju Kegagalan dan Durasi Gangguan *Load point* di *Section 2* (Lanjutan)**

<i>Load point</i>	Indeks Keandalan <i>Load point</i>	
	$\lambda$ ( <i>fault/yr</i> )	U ( <i>jam/tahun</i> )
<i>Load point 18</i>	0,393	0,058
<i>Load point 19</i>	0,393	0,058
<i>Load point 20</i>	0,393	0,058
<i>Load point 21</i>	0,393	0,058
<i>Load point 22</i>	0,393	0,058
<i>Load point 23</i>	0,393	0,058
<i>Load point 24</i>	0,393	0,058
<i>Load point 25</i>	0,393	0,058
<i>Load point 26</i>	0,393	0,058

**c. Indeks Keandalan Sisi Pelanggan di *Section 2***

Setelah menghitung tingkat kegagalan dan lamanya gangguan, nilai indeks dan sisi pelanggan yaitu SAIFI dapat ditentukan untuk setiap titik beban dengan menggunakan rumus berikut berdasarkan 2.3 dan 2.4:

$$SAIFI = \frac{\sum NLP \times \lambda_{LP}}{\sum N}$$

Dan

$$SAIDI = \frac{\sum NLP \times U_{LP}}{\sum N}$$

$NLP$  = jumlah konsumen pada *load point*

$N$  = jumlah seluruh konsumen pada sistem

$\lambda_{LP}$  = *failure rate load point*

$U_{LP}$  = durasi gangguan peralatan pada *load point*

Contoh perhitungan nilai SAIFI dan SAIDI untuk *load point 1* di *section 2* adalah :

$$\text{SAIFI LP1} = \frac{569 \times 0,413}{4970}$$

$$= 0,0472 \text{ gangguan/tahun}$$

$$\text{SAIDI LP1} = \frac{569 \times 1,456}{4970}$$

$$= 0,166 \text{ jam/tahun}$$

Pada perhitungan SAIFI dan SAIDI untuk load point 1 nilai SAIFI sebesar 0,0472 gangguan/tahun dan nilai SAIDI sebesar 0,166 jam/tahun; prosedur perhitungan yang sama digunakan untuk titik beban 2 sampai 26. Tabel berikut merangkum temuan perhitungan nilai indeks pelanggan SAIFI dan SAIDI pada bagian 2:

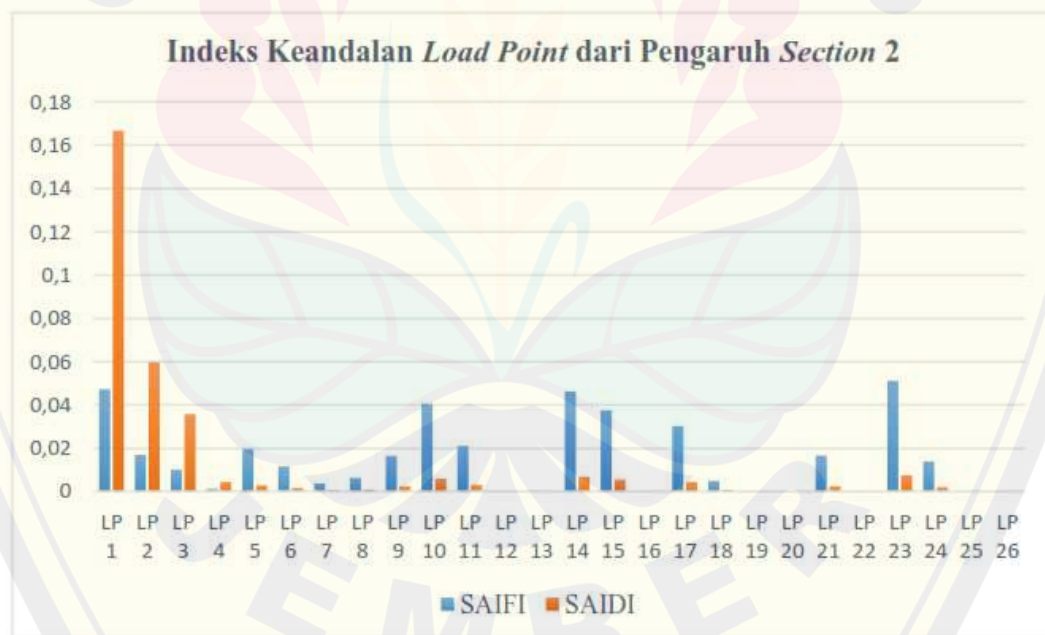
**Tabel 4.21 Hasil Perhitungan SAIFI dan SAIDI Section 2**

<i>Load point</i>	Indeks Keandalan Sisi Pelanggan	
	SAIFI (gangguan/tahun)	SAIDI (jam/tahun)
<i>Load point 1</i>	0,0473	0,1667
<i>Load point 2</i>	0,0170	0,0598
<i>Load point 3</i>	0,0101	0,0357
<i>Load point 4</i>	0,0012	0,0044
<i>Load point 5</i>	0,0196	0,0029
<i>Load point 6</i>	0,0116	0,0017
<i>Load point 7</i>	0,0038	0,0006
<i>Load point 8</i>	0,0063	0,0009
<i>Load point 9</i>	0,0164	0,0024
<i>Load point 10</i>	0,0406	0,0060
<i>Load point 11</i>	0,0211	0,0031
<i>Load point 12</i>	0,0001	0,0000
<i>Load point 13</i>	0,0002	0,0000
<i>Load point 14</i>	0,0463	0,0068
<i>Load point 15</i>	0,0376	0,0056
<i>Load point 16</i>	0,0001	0,00001
<i>Load point 17</i>	0,0303	0,0045
<i>Load point 18</i>	0,0049	0,0007
<i>Load point 19</i>	0,0001	0,0000
<i>Load point 20</i>	0,0001	0,0000

**Tabel 4.21 Hasil Perhitungan SAIFI dan SAIDI Section 2 (Lanjutan)**

<i>Load point</i>	Indeks Keandalan Sisi Pelanggan	
	SAIFI (gangguan/tahun)	SAIDI (jam/tahun)
<i>Load point 21</i>	0,0166	0,0025
<i>Load point 22</i>	0,0001	0,0000
<i>Load point 23</i>	0,0512	0,0076
<i>Load point 24</i>	0,0139	0,0021
<i>Load point 25</i>	0,0001	0,0000
<i>Load point 26</i>	0,0001	0,0000
<b>TOTAL</b>	<b>0,3967</b>	<b>0,314</b>

Seluruh nilai SAIFI dan SAIDI untuk semua titik beban kemudian dijumlahkan sehingga menghasilkan nilai SAIFI dan SAIDI untuk seksi 2, sehingga diperoleh nilai SAIFI seksi 2 sebesar 0,3967 gangguan/tahun dan nilai SAIDI seksi 2 sebesar 0,314 jam/tahun.

**Gambar 4.4 Grafik Indeks Keandalan Load Point dari Pengaruh Section 2**

**2.4.3 Section 3**

Bagian 3 berisi peralatan komponen yang dapat berinteraksi dan berdampak pada penyulang Suritani, seperti yang ditunjukkan pada Tabel Bagian Teknik Lembar Kerja 3 di bawah ini:

Tabel 4.22 *Section Technique Worksheet Section 3*

Data Peralatan		Efek Sistem	
No Gangguan	Komponen	<i>Load point yang Dipengaruhi Repair time</i>	<i>Load point yang Dipengaruhi Switching time</i>
1	Trafo 5	LP 5	-
2	Trafo 6	LP 6	-
3	Trafo 7	LP 7	-
4	Trafo 8	LP 8	-
5	Trafo 9	LP 9	-
6	Trafo 10	LP 10	-
7	Trafo 11	LP 11	-
8	Trafo 12	LP 12	-
9	<i>Line 5</i>	LP 5 - LP 12	LP 1 – LP 4 & LP 13 - LP 26
10	<i>Line 6</i>	LP 5 - LP 12	LP 1 – LP 4 & LP 13 - LP 26
11	<i>Line 7</i>	LP 5 - LP 12	LP 1 – LP 4 & LP 13 - LP 26
12	<i>Line 8</i>	LP 5 - LP 12	LP 1 – LP 4 & LP 13 - LP 26
13	<i>Line 9</i>	LP 5 - LP 12	LP 1 – LP 4 & LP 13 - LP 26
14	<i>Line 10</i>	LP 5 - LP 12	LP 1 – LP 4 & LP 13 - LP 26
15	<i>Line 11</i>	LP 5 - LP 12	LP 1 – LP 4 & LP 13 - LP 26
16	<i>Line 12</i>	LP 5 - LP 12	LP 1 – LP 4 & LP 13 - LP 26
17	<i>Sectionalizer 2</i>	LP 5 - LP 12	LP 1 – LP 4 & LP 13 - LP 26
18	<i>Sectionalizer 3</i>	LP 5 - LP 12	LP 1 – LP 4 & LP 13 - LP 26

Berdasarkan tabel Lembar Kerja Teknik Seksi Bagian 3 di atas, terdapat tiga kategori peralatan yang memungkinkan terjadinya gangguan pada sistem jaringan penyulang Suritani jika peralatan tersebut mengalami gangguan: trafo, saluran, dan sectionalizer.

Jaringan penyulang Suritani yang berbentuk radial akan mempengaruhi waktu pemadaman pada setiap titik beban. Misalnya, jika peralatan titik beban pada seksi 3 terganggu, titik beban 5 sd 12 akan padam dengan masa perbaikan, sedangkan titik beban 13 sd 12 akan padam. Titik beban 26 akan padam karena

saklar pengatur waktu yang terjadi atau saklar waktu dimasukkan kembali (saklar) untuk memasukkan daya listrik dari jaringan penyulang dibawahnya, hal yang sama juga dialami pada titik beban yang terletak pada seksi 2 titik beban akan padam sementara dengan waktu mengandalkan beban (saklar) hanya selama 0,15 jam kemudian akan dapat mengaktifkan daya kembali.

**a. Laju Kegagalan (*Failure rate*) *Load point* di *Section 3***

Perhitungan *failure rate* dilakukan dengan cara yang sama seperti *section 1* dan *2* dan dengan mengikuti ketentuan SPLN No. 59 : 1985 mengenai *failure rate* peralatan

*Failure rate load point* di *section 3* juga meliputi perhitungan perkalian *failure rate* peralatan (*line*) dengan panjang udara dan dengan contoh kasus ini menggunakan *line 5* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\lambda (\text{line } 5) &= \text{Failure rate Peralatan Line } 2 \times \text{Panjang Saluran Udara} \\ &= 0,2 \times 4,6 = 0,92 \text{ gangguan/tahun}\end{aligned}$$

Kemudian menjumlahkan hasil *failure rate* setiap peralatan untuk memperoleh *failure rate load point* dengan rumus seperti pada persamaan 2.1

$$\lambda_{LP} = \sum_{i=k} \lambda_i$$

Dimana :

$\lambda$  = laju kegagalan untuk peralatan K (gangguan/tahun)

K = semua peralatan yang berpengaruh terhadap *load point*

Berikut merupakan tabel hasil perhitungan laju kegagalan (*failure rate*) *loadpoint 5* sampai *load point 12* adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.23 Perhitungan laju kegagalan LP 5 - LP 12**

Peralatan	<i>Failure rate</i> Peralatan (gangguan/tahun/km)	Panjang Saluran Udara (km)	$\lambda$ (gangguan/tahun)
Trafo 5	0,005	-	0,005
Trafo 6	0,005	-	0,005
Trafo 7	0,005	-	0,005
Trafo 8	0,005	-	0,005
Trafo 9	0,005	-	0,005
Trafo 10	0,005	-	0,005
Trafo 11	0,005	-	0,005

Trafo 12	0,005	-	0,005
Line 5	0,2	4,6	0,920
Line 6	0,2	0,13	0,026
Line 7	0,2	0,3	0,060
Line 8	0,2	0,75	0,150
Line 9	0,2	0,2	0,040
Line 10	0,2	0,4	0,080
Line 11	0,2	0,45	0,090
Line 12	0,2	0,15	0,030
Sectionalizer 2	0,003	-	0,003
Sectionalizer 3	0,003	-	0,003
<b>Jumlah Total Kelajuan Kegagalan (<math>\sum_{i=k} \lambda_i</math>)</b>			<b>1,442</b>

Berdasarkan tabel di atas, tingkat kegagalan titik beban 5 dihitung dengan menggunakan total tingkat kegagalan peralatan yang mempengaruhi LP5, yang meliputi persamaan antara tingkat kegagalan peralatan setiap saluran dan panjang saluran udara. Dengan demikian, tingkat kegagalan titik beban 5 dihitung pada 1.442 gangguan per tahun. Karena titik beban pada seksi 3 memiliki nilai laju kegagalan yang sama untuk setiap transformator dan saluran, maka nilai laju kegagalan beban dari titik 5 ke titik 12 adalah sama yaitu 1.442 gangguan/tahun.

**Tabel 4.24 Perhitungan laju kegagalan LP 1 – LP 4 dan LP 13 – LP 26**

Peralatan	Failure rate Peralatan (gangguan/tahun/km)	Panjang Saluran Udara (km)	$\lambda$ (gangguan/tahun)
Line 5	0,2	4,6	0,920
Line 6	0,2	0,13	0,026
Line 7	0,2	0,3	0,060
Line 8	0,2	0,75	0,150
Line 9	0,2	0,2	0,040
Line 10	0,2	0,4	0,080
Line 11	0,2	0,45	0,090
Line 12	0,2	0,15	0,030
Sectionalizer 2	0,003	-	0,003
Sectionalizer 3	0,003	-	0,003
<b>Jumlah Total Kelajuan Kegagalan (<math>\sum_{i=k} \lambda_i</math>)</b>			<b>1,402</b>

Berdasarkan tabel di atas, (LP 1 – LP 4) dan (LP 13 – LP 26) akan



mengalami pemadaman listrik ketika terjadi gangguan pada saluran atau separator pada bagian 3, sehingga tingkat kegagalan peralatan tersebut harus diperhatikan. ; namun, gangguan transformator pada seksi 3 tidak akan mempengaruhi kinerja titik beban pada seksi 2 dan 4, sehingga nilai laju kegagalan masing-masing transformator dianggap 0; ini berarti (LP 1 – LP 4) dan (LP 13 – LP 26

#### **b. Durasi Gangguan *Load point* di Section 3**

Durasi gangguan titik beban dihitung dengan cara yang sama seperti pada bagian 1 dan 2 yaitu pertambahan durasi gangguan yang mempengaruhi titik beban, yang meliputi mengalikan tingkat kegagalan peralatan yang dihitung sebelumnya dengan waktu perbaikan atau perubahan. waktu tergantung pada kondisi peralatan, apakah peralatan harus mengalami waktu untuk perbaikan atau hanya kondisi waktu sakelar saat terjadi peristiwa penonaktifan. Pada bagian 3, contoh situasi dengan pembatasan peralatan (jalur 5) adalah sebagai berikut pada saat perbaikan:

$$\begin{aligned} U (\text{line } 5) &= \text{failure rate peralatan } (\lambda) \times (\text{repair time}) \\ &= 0,92 \times (3) = 2,76 \text{ jam/tahun} \end{aligned}$$

Selanjutnya menjumlahkan durasi gangguan setiap peralatan pada *load point* yang dihitung untuk memperoleh durasi gangguan *load point* dengan rumus persamaan 2.2 adalah sebagai berikut :

$$ULP = \sum_{i=k} \lambda_i \times r_j$$

Dimana:

$\lambda_i$  = laju kegagalan untuk peralatan K (gangguan/tahun)

K = semua peralatan yang berpengaruh terhadap *load point*

$r_j$  = waktu perbaikan (*repairing time* atau *switching time*) (jam)

ULP = durasi pemadaman dalam satu tahun pada titik beban (jam/tahun)

Berikut merupakan tabel hasil perhitungan durasi gangguan *load point* 5 sampai *load point* 12 :

**Tabel 4.25 Perhitungan Durasi Gangguan (U) LP 5 – LP 12**

Peralatan	$\lambda$ ( <i>fault/yr</i> )	Repair time (jam)	U (jam/tahun)
Trafo 5	0,005	10	0,05
Trafo 6	0,005	10	0,05
Trafo 7	0,005	10	0,05
Trafo 8	0,005	10	0,05
Trafo 9	0,005	10	0,05
Trafo 10	0,005	10	0,05
Trafo 11	0,005	10	0,05
Trafo 12	0,005	10	0,05
Line 5	0,920	3	2,76
Line 6	0,026	3	0,078
Line 7	0,060	3	0,18
Line 8	0,150	3	0,45
Line 9	0,040	3	0,12
Line 10	0,080	3	0,24

**Tabel 4.26 Perhitungan Durasi Gangguan (U) LP 5 – LP 12 (Lanjutan)**

Peralatan	$\lambda$ ( <i>fault/yr</i> )	Repair time (jam)	U (jam/tahun)
Line 11	0,090	3	0,27
Line 12	0,030	3	0,09
Sectionalizer 2	0,003	10	0,03
Sectionalizer 3	0,003	10	0,03
<b>Jumlah Total Durasi Gangguan (<math>\sum_{i=k} U_i</math>)</b>			<b>4,648</b>

Tabel di atas menunjukkan bahwa tidak ada peralatan yang mengalami switching time pada seksi 3 dan hanya peralatan yang mengalami waktu perbaikan, sehingga pengurangan gangguan dari titik beban 5 ke titik beban 12 adalah sama yaitu 4.648 jam/tahun, karena nilai waktu perbaikan komponen peralatan di bagian 3 adalah sama. Namun titik beban pada seksi 2 yaitu titik beban 1 dan 4 hanya akan mengalami pemadaman singkat (switching time). Pada bagian 3, contoh situasi kendala peralatan (baris 5) adalah sebagai berikut:

$$U (\text{line 5}) = \text{failure rate peralatan } (\lambda) \times (\text{switching time})$$

$$= 0,920 \times (0,15) = 1,38 \text{ jam/tahun}$$

Berikut merupakan tabel hasil perhitungan durasi gangguan *load point*

1 sampai *load point* 4 :

**Tabel 4.27 Perhitungan Durasi Gangguan (U) LP 1 – LP 4**

Peralatan	$\lambda$ ( <i>fault/yr</i> )	Switching time (jam)	U (jam/tahun)
Line 5	0,920	0,15	0,138
Line 6	0,026	0,15	0,0039
Line 7	0,060	0,15	0,009
Line 8	0,150	0,15	0,0225
Line 9	0,040	0,15	0,006
Line 10	0,080	0,15	0,012
Line 11	0,090	0,15	0,0135
Line 12	0,030	0,15	0,0045

**Tabel 4.28 Perhitungan Durasi Gangguan (U) LP 1 – LP 4 (Lanjutan)**

Peralatan	$\lambda$ ( <i>fault/yr</i> )	Switching time (jam)	U (jam/tahun)
Sectionalizer 2	0,003	0,15	0,00045
Sectionalizer 3	0,003	0,15	0,00045
<b>Jumlah Total Durasi Gangguan (<math>\sum_{i=k} U_i</math>)</b>			<b>0,2105</b>

Titik beban 1-4 akan mengalami waktu switching dengan waktu saat saklar beban dimasukkan (saklar) yaitu 0,15 jam dan setelah itu akan dapat mengaktifkan kembali daya, hal ini dapat terjadi karena titik beban pada seksi 2 dekat dengan sumber listrik dan tidak akan terpengaruh oleh pemadaman ketika waktu perbaikan di bagian 3 terjadi. sedemikian rupa sehingga hasil gangguan pada titik beban 1 sampai dengan 4 adalah sama yaitu 0.2105 jam/tahun Sedangkan dari titik beban 13 sampai titik beban 26 akan melalui periode waktu pergantian pada waktu yang bersamaan. Pada bagian 3, contoh situasi kendala peralatan (baris 5) adalah sebagai berikut:

$$U (\text{line 5}) = \text{failure rate peralatan } (\lambda) \times (\text{switching time})$$

$$= 0,920 \times (0,15) = 0,138 \text{ jam/tahun}$$

Berikut merupakan tabel hasil perhitungan durasi gangguan *load point* 13 sampai *load point* 26 :

**Tabel 4.29 Perhitungan Durasi Gangguan (U) LP 13 – LP 26**

Peralatan	$\lambda$ ( <i>fault/yr</i> )	Switching time (jam)	U (jam/tahun)
Line 5	0,920	0,15	0,138
Line 6	0,026	0,15	0,0039
Line 7	0,060	0,15	0,009
Line 8	0,150	0,15	0,0225
Line 9	0,040	0,15	0,006
Line 10	0,080	0,15	0,012
Line 11	0,090	0,15	0,0135
Line 12	0,030	0,15	0,0045

**Tabel 4.30 Perhitungan Durasi Gangguan (U) LP 13 – LP 26 (Lanjutan)**

Peralatan	$\lambda$ ( <i>fault/yr</i> )	Switching time (jam)	U (jam/tahun)
Sectionalizer 2	0,003	0,15	0,00045
Sectionalizer 3	0,003	0,15	0,00045
<b>Jumlah Total Durasi Gangguan (<math>\sum_{i=k} U_i</math>)</b>			<b>0,2105</b>

Apabila komponen peralatan pada seksi 3 mengalami gangguan, maka struktur jaringan penyulang Suritani yang meliputi jalur suplai dari penyulang lain akan menyebabkan titik beban 13 sampai 26 mengalami fase transisi pada saat yang bersamaan. Saat sakelar beban (saklar) terpasang, titik beban 13 dan 26 akan dapat menghidupkan daya kembali. Hasil penurunan gangguan pada titik beban 13 sampai 26 adalah sama yaitu 0,2105 jam/tahun.

**Tabel 4.31 Hasil Perhitungan Laju Kegagalan dan Durasi Gangguan *Load point* di *Section 3***

<i>Load point</i>	Indeks Keandalan <i>Load point</i>	
	$\lambda$ ( <i>fault/yr</i> )	U (jam/tahun)
<i>Load point 1</i>	1,402	0,2105
<i>Load point 2</i>	1,402	0,2105
<i>Load point 3</i>	1,402	0,2105
<i>Load point 4</i>	1,402	0,2105
<i>Load point 5</i>	1,442	4,648
<i>Load point 6</i>	1,442	4,648
<i>Load point 7</i>	1,442	4,648
<i>Load point 8</i>	1,442	4,648
<i>Load point 9</i>	1,442	4,648
<i>Load point 10</i>	1,442	4,648
<i>Load point 11</i>	1,442	4,648
<i>Load point 12</i>	1,442	4,648
<i>Load point 13</i>	1,402	0,2105
<i>Load point 14</i>	1,402	0,2105
<i>Load point 15</i>	1,402	0,2105

**Tabel 4.28 Hasil Perhitungan Laju Kegagalan dan Durasi Gangguan *Load point* di *Section 3* (Lanjutan)**

<i>Load point</i>	Indeks Keandalan <i>Load point</i>	
	$\lambda$ ( <i>fault/yr</i> )	U (jam/tahun)
<i>Load point 16</i>	1,402	0,2105
<i>Load point 17</i>	1,402	0,2105
<i>Load point 18</i>	1,402	0,2105
<i>Load point 19</i>	1,402	0,2105
<i>Load point 20</i>	1,402	0,2105
<i>Load point 21</i>	1,402	0,2105
<i>Load point 22</i>	1,402	0,2105
<i>Load point 23</i>	1,402	0,2105
<i>Load point 24</i>	1,402	0,2105
<i>Load point 25</i>	1,402	0,2105
<i>Load point 26</i>	1,402	0,2105

**c. Indeks Keandalan Sisi Pelanggan di Section 3**

Perhitungan nilai indeks keandalan sisi pelanggan yakni SAIFI dan SAIDI untuk setiap *load point* dapat dihitung dengan menggunakan nilai *failure rate* dan durasi gangguan yang sudah didapatkan berdasarkan rumus persamaan 2.3 dan 2.4 adalah sebagai berikut :

$$SAIFI = \frac{\sum NLP \times \lambda_{LP}}{\sum N}$$

Dan

$$SAIDI = \frac{\sum NLP \times U_{LP}}{\sum N}$$

*NLP* = jumlah konsumen pada *load point*

*N* = jumlah seluruh konsumen pada sistem

$\lambda_{LP}$  = *failure rate load point*

*U<sub>LP</sub>* = durasi gangguan peralatan pada *load point*

Contoh perhitungan nilai SAIFI dan SAIDI untuk *load point 1* di *section 2* adalah :

$$\begin{aligned} SAIFI LP5 &= \frac{248 \times 1,442}{4970} \\ &= 0,0720 \text{ gangguan/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SAIDI LP5 &= \frac{248 \times 4,648}{4970} \\ &= 0,2319 \text{ jam/tahun} \end{aligned}$$

Pada perhitungan SAIFI dan SAIDI untuk *load point 1* nilai SAIFI sebesar 0,0472 gangguan/tahun dan nilai SAIDI sebesar 0,166 jam/tahun; prosedur perhitungan yang sama digunakan untuk titik beban 2 sampai 26. Tabel berikut merangkum temuan perhitungan nilai indeks pelanggan SAIFI dan SAIDI pada bagian 2:

**Tabel 4.32 Hasil Perhitungan SAIFI dan SAIDI Section 3**

<i>Load point</i>	Indeks Keandalan Sisi Pelanggan	
	SAIFI (gangguan/tahun)	SAIDI (jam/tahun)
<i>Load point 1</i>	0,1605	0,0241
<i>Load point 2</i>	0,0575	0,0086
<i>Load point 3</i>	0,0344	0,0052

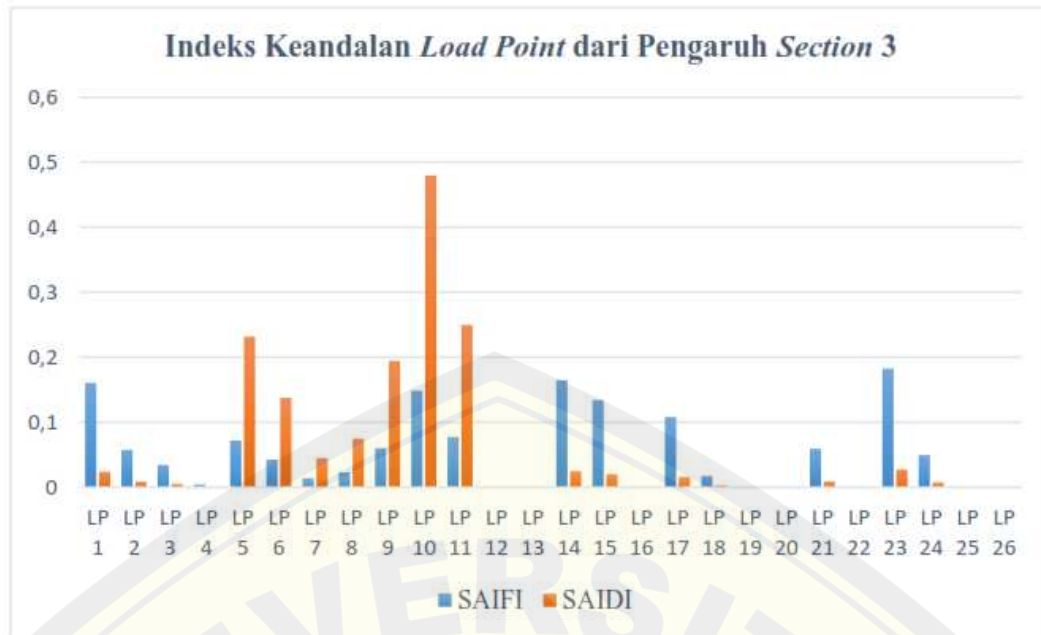


<i>Load point 4</i>	0,0042	0,0006
<i>Load point 5</i>	0,0720	0,2319
<i>Load point 6</i>	0,0427	0,1375
<i>Load point 7</i>	0,0139	0,0449
<i>Load point 8</i>	0,0232	0,0748
<i>Load point 9</i>	0,0603	0,1945
<i>Load point 10</i>	0,1488	0,4798
<i>Load point 11</i>	0,0775	0,2497
<i>Load point 12</i>	0,0003	0,0009
<i>Load point 13</i>	0,0008	0,0001
<i>Load point 14</i>	0,1650	0,0248
<i>Load point 15</i>	0,1343	0,0202
<i>Load point 16</i>	0,00028	0,00004
<i>Load point 17</i>	0,1080	0,0162
<i>Load point 18</i>	0,0175	0,0026

**Tabel 4.33 Hasil Perhitungan SAIFI dan SAIDI Section 2 (Lanjutan)**

<i>Load point</i>	Indeks Keandalan Sisi Pelanggan	
	SAIFI (gangguan/tahun)	SAIDI (jam/tahun)
<i>Load point 19</i>	0,00028	0,00004
<i>Load point 20</i>	0,00028	0,00004
<i>Load point 21</i>	0,0592	0,0089
<i>Load point 22</i>	0,00028	0,00004
<i>Load point 23</i>	0,1825	0,0274
<i>Load point 24</i>	0,0496	0,0075
<i>Load point 25</i>	0,00028	0,00004
<i>Load point 26</i>	0,00028	0,00004
<b>TOTAL</b>	<b>1,414</b>	<b>1,56</b>

Nilai SAIFI dan SAIDI untuk bagian 3 kemudian dihitung dengan menjumlahkan nilai SAIFI dan SAIDI untuk setiap titik beban. Hasilnya, SAIFI seksi 2 memiliki nilai gangguan 1.414 per tahun dan SAIDI seksi 2 memiliki nilai 1,56 jam per tahun.



Gambar 4.5 Grafik Indeks Keandalan Load Point dari Pengaruh Section 3

### 2.4.3 Section 4

Berikut ini adalah Bagian Teknis Lembar Kerja 4 yang memuat daftar peralatan yang dapat menyebabkan gangguan pada sistem penyulang Suritani, seperti terlihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.34 Section Technique Worksheet Section 4

Data Peralatan		Efek Sistem	
No Gangguan	Komponen	Load point yang Dipengaruhi Repair time	Load point yang Dipengaruhi Switching time
1	Trafo 13	LP 13	-
2	Trafo 14	LP 14	-
3	Trafo 15	LP 15	-
4	Trafo 16	LP 16	-
6	Trafo 18	LP 18	-
7	Trafo 19	LP 19	-
8	Trafo 20	LP 20	-
9	Trafo 21	LP 21	-
10	Trafo 22	LP 22	-
11	Trafo 23	LP 23	-
12	Trafo 24	LP 24	-

13	Trafo 25	LP 25	-
14	Trafo 26	LP 26	-
15	<i>Line</i> 13	LP 13 - LP 26	LP 1 – LP 12
16	<i>Line</i> 14	LP 13 - LP 26	LP 1 – LP 12
17	<i>Line</i> 15	LP 13 - LP 26	LP 1 – LP 12
18	<i>Line</i> 16	LP 13 - LP 26	LP 1 – LP 12
19	<i>Line</i> 17	LP 13 - LP 26	LP 1 – LP 12
20	<i>Line</i> 18	LP 13 - LP 26	LP 1 – LP 12
21	<i>Line</i> 19	LP 13 - LP 26	LP 1 – LP 12
22	<i>Line</i> 20	LP 13 - LP 26	LP 1 – LP 12
23	<i>Line</i> 21	LP 13 - LP 26	LP 1 – LP 12
24	<i>Line</i> 22	LP 13 - LP 26	LP 1 – LP 12
25	<i>Line</i> 23	LP 13 - LP 26	LP 1 – LP 12
26	<i>Line</i> 24	LP 13 - LP 26	LP 1 – LP 12
27	<i>Line</i> 25	LP 13 - LP 26	LP 1 – LP 12

Tabel 4.35 Section Technique Worksheet Section 4 (Lanjutan)

Data Peralatan		Efek Sistem	
No Gangguan	Komponen	<i>Load point yang Dipengaruhi Repair time</i>	<i>Load point yang Dipengaruhi Switching time</i>
29	<i>Sectionalizer</i> 3	LP 13 - LP 26	LP 1 – LP 12
30	<i>Sectionalizer</i> 4	LP 13 - LP 26	LP 1 – LP 12
31	<i>Sectionalizer</i> 5	LP 13 - LP 26	LP 1 – LP 12

Kesulitan pada tabel di atas sama dengan pada bagian 2 dan 3, yaitu terdapat tiga kategori peralatan yaitu trafo, line, dan sectionalizer, yang memungkinkan gangguan pada sistem jaringan penyulang Suritani jika peralatan tersebut mengalami kegagalan.

Jika peralatan di bagian 4 gagal, titik beban di bagian 4 hanya akan mengalami waktu perbaikan, namun titik beban di bagian 2 dan 3 akan mengalami waktu switching 0,15 jam sebelum dapat memulihkan daya.

**a. Laju Kegagalan (*Failure rate*) Load point di Section 4**

Perhitungan *failure rate* dilakukan dengan cara yang sama seperti *section 1, 2 dan 3* dan dengan mengikuti ketentuan SPLN No. 59 : 1985 mengenai *failure rate* peralatan

*Failure rate load point* di *section 4* juga meliputi perhitungan perkalian *failure rate* peralatan (*line*) dengan panjang udara dan dengan contoh kasus ini menggunakan *line 13* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\lambda (\text{line } 13) &= \text{Failure rate Peralatan Line } 13 \times \text{Panjang Saluran Udara} \\ &= 0,2 \times 0,45 = 0,09 \text{ gangguan/tahun}\end{aligned}$$

Kemudian menjumlahkan hasil *failure rate* setiap peralatan untuk memperoleh *failure rate load point* dengan rumus seperti pada persamaan 2.1

$$\lambda_{LP} = \sum_{i=k} \lambda_i$$

Dimana :

$\lambda_i$  = laju kegagalan untuk peralatan K (gangguan/tahun)

K = semua peralatan yang berpengaruh terhadap *load point*

Berikut merupakan tabel hasil perhitungan laju kegagalan (*failure rate*) *loadpoint 13* sampai *load point 26* adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.36 Perhitungan laju kegagalan LP 13 - LP 26**

Peralatan	<i>Failure rate</i> Peralatan (gangguan/tahun/km)	Panjang Saluran Udara (km)	$\lambda$ (gangguan/tahun)
Trafo 13	0,005	-	0,005
Trafo 14	0,005	-	0,005
Trafo 15	0,005	-	0,005
Trafo 16	0,005	-	0,005
Trafo 17	0,005	-	0,005
Trafo 18	0,005	-	0,005
Trafo 19	0,005	-	0,005
Trafo 20	0,005	-	0,005
Trafo 21	0,005	-	0,005
Trafo 22	0,005	-	0,005
Trafo 23	0,005	-	0,005
Trafo 24	0,005	-	0,005
Trafo 25	0,005	-	0,005

Trafo 26	0,005	-	0,005
Line 13	0,2	0,45	0,090
Line 14	0,2	0,85	0,170
Line 15	0,2	2	0,400
Line 16	0,2	1,1	0,220
Line 17	0,2	1,8	0,360
Line 18	0,2	1,6	0,320
Line 19	0,2	0,35	0,070
Line 20	0,2	1,1	0,220
Line 21	0,2	0,23	0,046
Line 22	0,2	0,5	0,100
Line 23	0,2	0,4	0,080

**Tabel 4.37 Perhitungan laju kegagalan LP 13 - LP 26 (Lanjutan)**

Peralatan	Failure rate Peralatan (gangguan/tahun/km)	Panjang Saluran Udara (km)	$\lambda$ (gangguan/tahun)
Line 24	0,2	0,4	0,080
Line 25	0,2	0,35	0,070
Line 26	0,2	0,35	0,070
Sectionalizer 3	0,003	-	0,003
Sectionalizer 4	0,003	-	0,003
Sectionalizer 5	0,003	-	0,003
<b>Jumlah Total Kelajuan Kegagalan (<math>\sum_{i=k} \lambda_i</math>)</b>			<b>2,325</b>

Tabel tingkat kegagalan di atas menggambarkan bahwa tingkat kegagalan dari titik beban 13 ke titik beban 26 dihitung menggunakan total tingkat kegagalan peralatan yang mempengaruhi LP5-LP26, yang berisi hubungan antara tingkat kegagalan peralatan setiap saluran dan panjangnya. dari maskapai penerbangan. Laju kegagalan untuk LP5-LP26 sama dengan 2.325 gangguan per tahun, dan titik beban pada seksi 4 memiliki laju kegagalan yang sama untuk setiap transformator dan saluran berkat. Sedangkan titik beban 1 sampai 12 berbeda. Perhitungan tingkat kegagalan untuk LP1-LP12 menghasilkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.38 Perhitungan laju kegagalan LP 1 – LP 12

Peralatan	Failure rate Peralatan (gangguan/tahun/km)	Panjang Saluran Udara (km)	$\lambda$ (gangguan/tahun)
Line 13	0,2	0,45	0,090
Line 14	0,2	0,85	0,170
Line 15	0,2	2	0,400
Line 16	0,2	1,1	0,220
Line 17	0,2	1,8	0,360
Line 18	0,2	1,6	0,320
Line 19	0,2	0,35	0,070
Line 20	0,2	1,1	0,220
Line 21	0,2	0,23	0,046
Line 22	0,2	0,5	0,100
Line 23	0,2	0,4	0,080

Tabel 4.39 Perhitungan laju kegagalan LP 1 – LP 12 (Lanjutan)

Peralatan	Failure rate Peralatan (gangguan/tahun/km)	Panjang Saluran Udara (km)	$\lambda$ (gangguan/tahun)
Line 24	0,2	0,4	0,080
Line 25	0,2	0,35	0,070
Line 26	0,2	0,35	0,070
Sectionalizer 3	0,003	-	0,003
Sectionalizer 4	0,003	-	0,003
Sectionalizer 5	0,003	-	0,003
<b>Jumlah Total Kelajuan Kegagalan (<math>\sum_{i=k} \lambda_i</math>)</b>			<b>2,305</b>

Berdasarkan tabel di atas, LP1-LP12 juga akan terpengaruh oleh pemadaman yang disebabkan oleh gangguan pada saluran atau pemisah di bagian 4, sehingga tingkat kegagalan peralatan ini harus dipertimbangkan, dan hasil perhitungan tingkat kegagalan (LP 1 – LP 12) menunjukkan nilai tingkat kegagalan yang sama yaitu 2.305 gangguan/tahun, karena gangguan transformator pada seksi 4 tidak akan mempengaruhi kinerja titik beban pada seksi 2 dan 3.

**b. Durasi Gangguan Load point di Section 4**

Percepatan gangguan titik beban dilakukan dengan cara yang sama seperti bagian 1, 2, dan 3, dengan durasi gangguan yang mempengaruhi titik beban



ditingkatkan dengan mengalikan tingkat kegagalan peralatan yang dihitung sebelumnya dengan waktu perbaikan atau pergeseran waktu, tergantung pada kondisi peralatan, apakah peralatan tersebut harus mengalami waktu perbaikan atau hanya mengalami kondisi waktu switching saat terjadi gangguan. Status peningkatan waktu adalah sebagai berikut dengan menggunakan contoh situasi kendala peralatan (baris 13 di bagian 4):

$$U (\text{line 13}) = \text{failure rate peralatan } (\lambda) \times (\text{repair time}) \\ = 0,090 \times (3) = 0,27 \text{ jam/tahun}$$

Selanjutnya menjumlahkan durasi gangguan setiap peralatan pada *load point* yang dihitung untuk memperoleh durasi gangguan *load point* dengan rumus persamaan 2.2 adalah sebagai berikut :

$$ULP = \sum_{i=k} \lambda_i \times r_j$$

Dimana:

$\lambda_i$  = laju kegagalan untuk peralatan K (gangguan/tahun)

K = semua peralatan yang berpengaruh terhadap *load point*

$r_j$  = waktu perbaikan (*repairing time* atau *switching time*) (jam)

ULP = durasi pemadaman dalam satu tahun pada titik beban (jam/tahun)

Berikut merupakan tabel hasil perhitungan durasi gangguan *load point* 13 sampai *load point* 26 :

**Tabel 4.40 Perhitungan Durasi Gangguan (U) LP 13 – LP 26**

Peralatan	$\lambda$ ( <i>fault/yr</i> )	<i>Repair time</i> (jam)	U (jam/tahun)
Trafo 13	0,005	10	0,05
Trafo 14	0,005	10	0,05
Trafo 15	0,005	10	0,05
Trafo 16	0,005	10	0,05
Trafo 17	0,005	10	0,05
Trafo 18	0,005	10	0,05
Trafo 19	0,005	10	0,05
Trafo 20	0,005	10	0,05
Trafo 21	0,005	10	0,05
Trafo 22	0,005	10	0,05

Trafo 23	0,005	10	0,05
Trafo 24	0,005	10	0,05
Trafo 25	0,005	10	0,05
Trafo 26	0,005	10	0,05
Line 13	0,090	3	0,270
Line 14	0,170	3	0,510
Line 15	0,400	3	1,200
Line 16	0,220	3	0,660
Line 17	0,360	3	1,080
Line 18	0,320	3	0,960

**Tabel 4.41 Perhitungan Durasi Gangguan (U) LP 13 – LP 26 (Lanjutan)**

Peralatan	$\lambda$ ( <i>fault/yr</i> )	Repair time (jam)	U (jam/tahun)
Line 19	0,070	3	0,210
Line 20	0,220	3	0,660
Line 21	0,046	3	0,138
Line 22	0,100	3	0,300
Line 23	0,080	3	0,240
Line 24	0,080	3	0,240
Line 25	0,070	3	0,210
Line 26	0,070	3	0,210
Sectionalizer 4	0,003	10	0,03
Sectionalizer 4	0,003	10	0,03
Sectionalizer 5	0,003	10	0,03
<b>Jumlah Total Durasi Gangguan (<math>\sum_{i=k} U_i</math>)</b>			<b>7,678</b>

Tabel di atas menunjukkan bahwa hasil perhitungan durasi gangguan pada seksi 4 dari titik 13 sampai dengan titik 26 adalah sama yaitu 7,678 jam/tahun. Hal ini disebabkan karena titik beban pada seksi 4 hanya memiliki waktu perbaikan dengan nilai waktu yang sama.

Titik beban di bagian 2 dan 3, yaitu titik beban 1 sampai 12, hanya akan mengalami pemadaman singkat (waktu switching). Misalnya, pertimbangkan skenario pembatasan peralatan (baris 13) di bagian 4:

$$U (\text{line 13}) = \text{failure rate peralatan } (\lambda) \times (\text{switching time})$$

$$= 0,09 \times (0,15) = 0,0135 \text{ jam/tahun}$$

Berikut merupakan tabel hasil perhitungan durasi gangguan *load point* 1 sampai *load point* 12 :

**Tabel 4.42 Perhitungan Durasi Gangguan (U) LP 1 – LP 12**

Peralatan	$\lambda$ ( <i>fault/yr</i> )	Switching time (jam)	U (jam/tahun)
Line 13	0,090	0,15	0,0135
Line 14	0,170	0,15	0,0255
Line 15	0,400	0,15	0,0600
Line 16	0,220	0,15	0,0330
Line 17	0,360	0,15	0,0540
Line 18	0,320	0,15	0,0480
Line 19	0,070	0,15	0,0105
Line 20	0,220	0,15	0,0330
Line 21	0,046	0,15	0,0069
Line 22	0,100	0,15	0,0150
Line 23	0,080	0,15	0,0120
Line 24	0,080	0,15	0,0120
Line 25	0,070	0,15	0,0105
Line 26	0,070	0,15	0,0105
Sectionalizer 4	0,003	0,15	0,00045
Sectionalizer 4	0,003	0,15	0,00045
Sectionalizer 5	0,003	0,15	0,00045
<b>Jumlah Total Durasi Gangguan (<math>\sum_{i=k} U_i</math>)</b>			<b>0,3457</b>

Bagian 4 merupakan bagian terakhir dari jaringan penyulang Suritani yang sejalan dengan sistem jaringan penyulang Suritani; jika sistem jaringan pada akhirnya dihentikan, kinerja bagian sebelumnya tidak akan terpengaruh. Akibatnya, tabel perhitungan di atas menunjukkan bahwa titik beban 1 sampai 12 hanya akan mengalami perubahan waktu selama 0,15 jam ketika sakelar beban dimasukkan (saklar), setelah itu akan mendapatkan kembali daya, sehingga hasil pengurangan gangguan pada titik beban 1 sampai 12 adalah sama yaitu 0,3457 jam/tahun.

**Tabel 4.43 Hasil Perhitungan Laju Kegagalan dan Durasi Gangguan *Load point* di *Section 4***

<i>Load point</i>	Indeks Keandalan <i>Load point</i>	
	$\lambda$ ( <i>fault/yr</i> )	U ( <i>jam/tahun</i> )
<i>Load point 1</i>	2,305	0,3457
<i>Load point 2</i>	2,305	0,3457
<i>Load point 3</i>	2,305	0,3457
<i>Load point 4</i>	2,305	0,3457
<i>Load point 5</i>	2,305	0,3457
<i>Load point 6</i>	2,305	0,3457
<i>Load point 7</i>	2,305	0,3457
<i>Load point 8</i>	2,305	0,3457
<i>Load point 9</i>	2,305	0,3457
<i>Load point 10</i>	2,305	0,3457
<i>Load point 11</i>	2,305	0,3457
<i>Load point 12</i>	2,305	0,3457
<i>Load point 13</i>	2,325	7,678
<i>Load point 14</i>	2,325	7,678
<i>Load point 15</i>	2,325	7,678
<i>Load point 16</i>	2,325	7,678
<i>Load point 17</i>	2,325	7,678
<i>Load point 18</i>	2,325	7,678
<i>Load point 19</i>	2,325	7,678
<i>Load point 20</i>	2,325	7,678
<i>Load point 21</i>	2,325	7,678
<i>Load point 22</i>	2,325	7,678
<i>Load point 23</i>	2,325	7,678
<i>Load point 24</i>	2,325	7,678
<i>Load point 25</i>	2,325	7,678
<i>Load point 26</i>	2,325	7,678

## D. Indeks Keandalan Sisi Pelanggan di Section 4

Nilai kegagalan dan gangguan yang diperoleh dari persamaan 2.3 dan 2.4 dapat digunakan untuk menghitung nilai indeks ke pelanggan seperti SAIFI dan SAIDI untuk setiap titik beban sebagai berikut:

$$SAIFI = \frac{\sum NLP \times \lambda_{LP}}{\sum N}$$

Dan

$$SAIDI = \frac{\sum NLP \times U_{LP}}{\sum N}$$

$NLP$  = jumlah konsumen pada *load point*

$N$  = jumlah seluruh konsumen pada sistem

$\lambda_{LP}$  = *failure rate load point*

$U_{LP}$  = durasi gangguan peralatan pada *load point*

$$\begin{aligned} SAIFI \text{ LP13} &= \frac{3 \times 2,325}{4970} \\ &= 0,0014 \text{ gangguan/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SAIDI \text{ LP13} &= \frac{3 \times 7,678}{4970} \\ &= 0,0046 \text{ jam/tahun} \end{aligned}$$

Pada perhitungan SAIFI dan SAIDI untuk load point 5 didapatkan nilai SAIFI sebesar 0,0014 gangguan/tahun dan nilai SAIDI sebesar 0,0046 jam/tahun; metode perhitungan yang sama digunakan untuk titik beban 1 sampai 26. Tabel berikut merangkum hasil perhitungan nilai indeks pelanggan SAIFI dan SAIDI pada bagian 4:

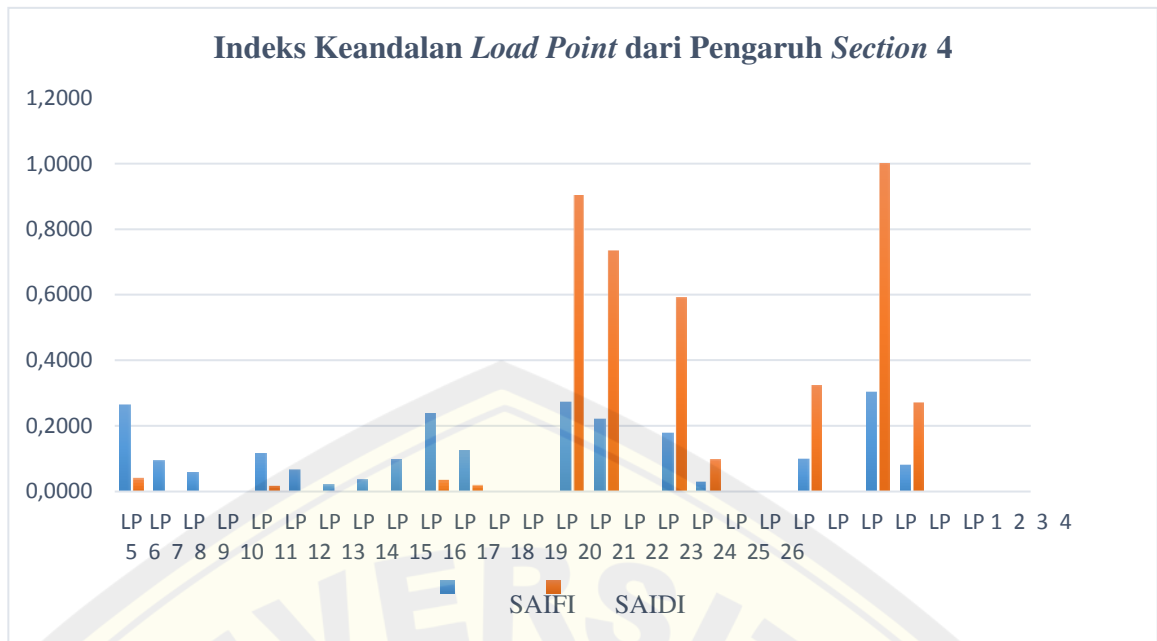
**Tabel 4.44 Hasil Perhitungan SAIFI dan SAIDI Section 4**

<i>Load point</i>	Indeks Keandalan Sisi Pelanggan	
	SAIFI (gangguan/tahun)	SAIDI (jam/tahun)
<i>Load point 1</i>	0,2639	0,0396
<i>Load point 2</i>	0,0946	0,0142
<i>Load point 3</i>	0,0566	0,0085
<i>Load point 4</i>	0,0070	0,0010

<i>Load point 5</i>	0,1150	0,0173
<i>Load point 6</i>	0,0682	0,0102
<i>Load point 7</i>	0,0223	0,0033
<i>Load point 8</i>	0,0371	0,0056
<i>Load point 9</i>	0,0965	0,0145
<i>Load point 10</i>	0,2379	0,0357
<i>Load point 11</i>	0,1238	0,0186
<i>Load point 12</i>	0,0005	0,0001
<i>Load point 13</i>	0,0014	0,0046
<i>Load point 14</i>	0,2737	0,9037
<i>Load point 15</i>	0,2227	0,7354
<i>Load point 16</i>	0,0005	0,0015
<i>Load point 17</i>	0,1792	0,5917
<i>Load point 18</i>	0,0290	0,0958
<i>Load point 19</i>	0,0005	0,0015
<i>Load point 20</i>	0,0005	0,0015
<i>Load point 21</i>	0,0982	0,3244
<i>Load point 22</i>	0,0005	0,0015
<i>Load point 23</i>	0,3027	0,9995
<i>Load point 24</i>	0,0823	0,2719
<i>Load point 25</i>	0,0005	0,0015
<i>Load point 26</i>	0,0005	0,0015
<b>TOTAL</b>	<b>2,315</b>	<b>4,105</b>

Kemudian, untuk bagian 4, jumlahkan nilai SAIFI dan SAIDI untuk setiap titik beban untuk mendapatkan nilai SAIFI dan SAIDI. Hasilnya, SAIFI seksi 4 memiliki nilai gangguan 2.315 per tahun dan SAIDI seksi 4 memiliki nilai 4.105 jam per tahun.





**Gambar4.6 Grafik Indeks Keandalan *Load Point* dari Pengaruh *Section 4***

Setelah mengetahui hasil nilai SAIFI dan SAIDI untuk masing-masing bagian feeder maka dapat dihitung nilai dari sisi pelanggan yaitu nilai CAIDI.

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI}$$

$$CAIDI = \frac{0,297}{1,975}$$

$$=0,15 \text{ Jam/tahun}$$

Dengan menjumlahkan nilai indeks untuk setiap bagian, pelanggan untuk setiap bagian dapat diamati dari hasil indeks jumlah pelanggan untuk sistem jaringan penyulang Suritani. Berikut adalah hasil perhitungan dari hasil indeks client sistem jaringan penyulang Suritani, seperti terlihat pada tabel di bawah ini:

**Tabel 4.45 Indeks Keandalan Sisi Pelanggan Sistem Penyulang Suritani**

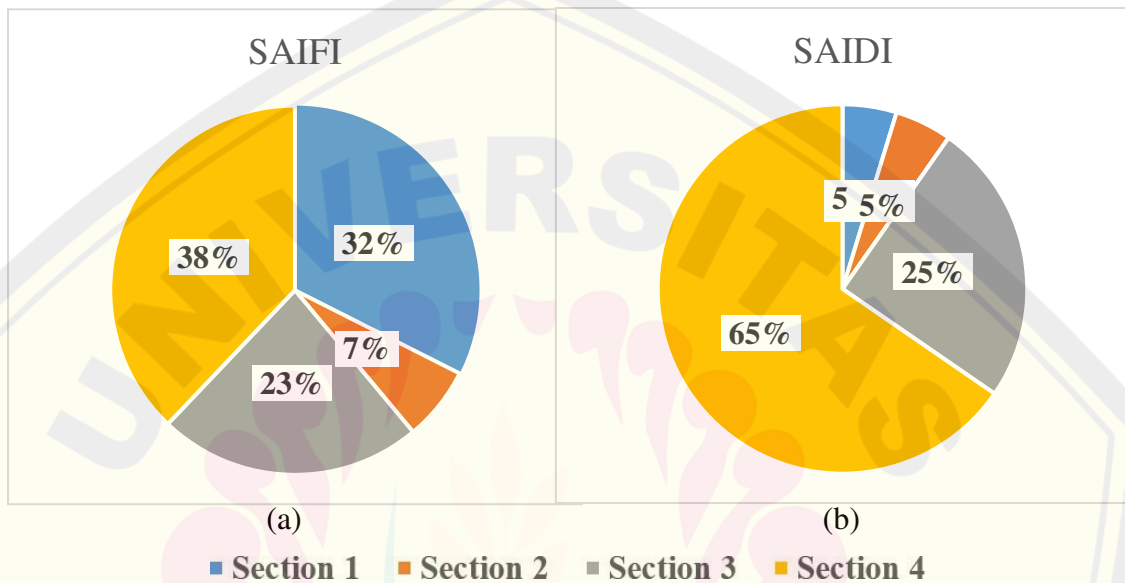
Section	Keterangan		Indeks Keandalan Sisi Pelanggan		
	Panjang (Kms)	Jumlah Pelanggan	SAIFI (gangguan/tahun)	SAIDI (jam/tahun)	CAIDI (jam/tahun)
1	9,870	0	1,975	0,297	0,150
2	1,91	910	0,3967	0,314	0,792
3	6,98	1512	1,414	1,56	1,103
4	11,48	2548	2,315	4,105	1,773
<b>TOTAL</b>	<b>30,243</b>	<b>4970</b>	<b>6,1</b>	<b>6,276</b>	<b>3,818</b>

Temuan indeks keandalan sisi pelanggan untuk sistem penyulang Suritani lengkap dapat ditentukan dengan menjumlahkan nilai indeks keandalan sisi pelanggan untuk setiap bagian, dengan nilai SAIFI 6,1 gangguan/tahun, SAIDI 6,276 jam/tahun, dan CAIDI 3.818 jam/tahun.

Seksi 1 dengan panjang jalur 9,870 Kms memiliki nilai SAIFI 1,975 gangguan/tahun dan nilai SAIDI 0,297 jam/tahun, sedangkan seksi 2 dengan panjang jalur 1,91 Kms memiliki nilai SAIFI 0,3967 gangguan/tahun dan SAIDI nilai 0,314 jam/tahun. Hal ini menunjukkan bahwa panjang saluran berhubungan langsung dengan indeks ketergantungan SAIFI dan SAIDI. Apabila jumlah pelanggan dibandingkan dengan seksi 3 yang memiliki 2548 pelanggan dengan 1512 pelanggan, hasilnya menunjukkan bahwa seksi 4 memiliki indeks keandalan yang lebih tinggi dibandingkan seksi 3, dengan nilai SAIFI seksi 4 sebesar 2.315 gangguan/tahun dan nilai SAIDI sebesar 4.105 jam/tahun, sedangkan seksi 3 mengalami gangguan 1.414/tahun dan nilai SAIDI sebesar 1.561 jam/tahun. Akibatnya, besar kecilnya indeks ketergantungan penyulang distribusi dipengaruhi oleh jumlah konsumen.

Gambar 4.7 merupakan representasi visual dari persentase indeks ketergantungan penyulang Suritani yang dipisahkan ke dalam setiap segmen; grafik indeks SAIFI menunjukkan bahwa persentase skor SAIFI pada seksi 4 lebih dominan dibandingkan seksi lainnya. Analisis pembahasan menunjukkan bahwa bagian 4 berisi peralatan atau komponen paling banyak yaitu 14 trafo, 14 saluran, dan 2 sectionalizer, yang akan mengakibatkan peningkatan nilai laju kegagalan pada bagian 4. Nilai laju kegagalan secara langsung terkait dengan nilai SAIFI, seperti yang ditunjukkan pada persamaan 2.3 dari rumus SAIFI. Akibatnya, bagian

4 memiliki proporsi skor SAIFI yang lebih tinggi daripada bagian lainnya. Indeks SAIDI pada bagian grafik mengungkapkan bahwa bagian 4 memiliki proporsi yang lebih tinggi dibandingkan bagian lainnya, yaitu 65 persen. Panjang saluran dan jumlah peralatan pada seksi 4 menjadi penyebab utama bertambahnya durasi gangguan pada seksi 4 sehingga nilai SAIDI meningkat, seperti terlihat pada persamaan 2.4 rumus SAIDI, dimana durasi gangguan berbanding lurus dengan nilai SAIDI.



(a) Grafik Persentase SAIFI per *Section*; (b) Grafik Persentase SAIDI per *Section*

**Gambar 4.7 Grafik Indeks Keandalan Sisi Pelanggan tiap *Section***

#### 4.6 Menentukan Letak Recloser Berdasarkan dari Hasil Nilai Perhitungan

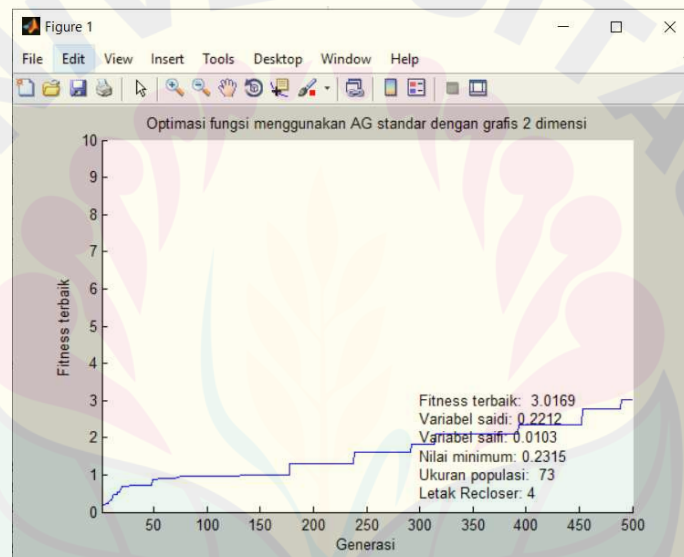
Tabel 4.38 Letak Yang Optimal Jika Terpasang 1 *Recloser*

<i>Section</i>	Keterangan		Indeks Keandalan Sisi Pelanggan		
	Panjang (Kms)	Jumlah Pelanggan	SAIFI (gangguan/tahun)	SAIDI (jam/tahun)	CAIDI (jam/tahun)
1	9,870	0	1,975	0,297	0,150
2	1,91	910	0,3967	0,314	0,792
3	6,98	1512	1,414	1,56	1,103
4	11,48	2548	2,315	4,105	1,773
<b>TOTAL</b>	<b>30,243</b>	<b>4970</b>	<b>6,1</b>	<b>6,276</b>	<b>3,818</b>

Berdasarkan hasil perhitungan manual didapatkan lokasi recloser yang paling optimal jika hanya terdapat satu recloser pada sebuah feeder yaitu pada

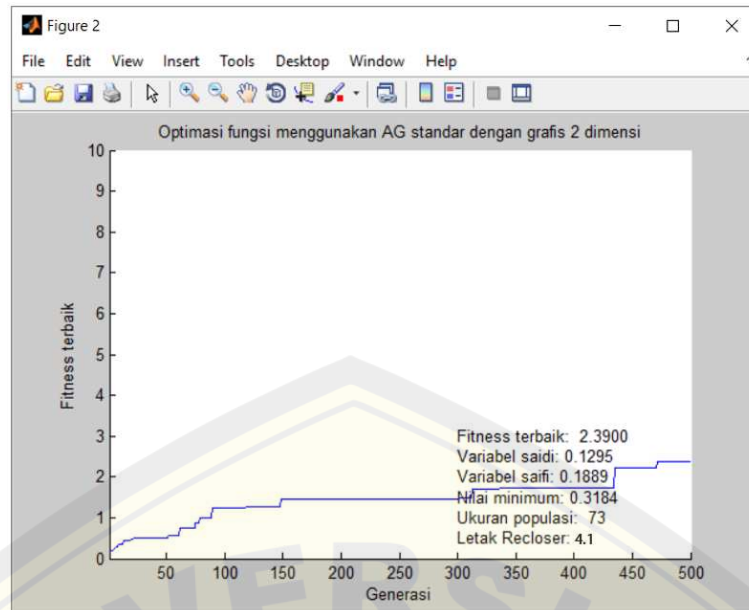
group 4, karena group 4 memiliki nilai SAIDI dan SAIFI tertinggi pada sistem jaringan di saluran utama. Dalam satu saluran distribusi jaringan, saluran utama adalah saluran yang terjauh dari gardu induk hingga jaringan ujung terjauh. Kelompok 3 memiliki nilai SAIDI dan SAIFI tertinggi, namun belum dianggap optimal karena bukan merupakan bagian dari sistem jaringan saluran utama. Nilai SAIDI yang dihitung pada kelompok 4 adalah 4,105, dan nilai SAIFI adalah 2,315, menunjukkan bahwa kelompok 5 sangat optimal jika digunakan recloser.

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dengan menggunakan program matlab 2013a menggunakan genetika algoritma didapatkan bahwa penempatan yang paling optimal di penyulang suritani ketika dipasang 1 *recloser* adalah di group 4 . berikut ini adalah hasil running program algoritma genetika:



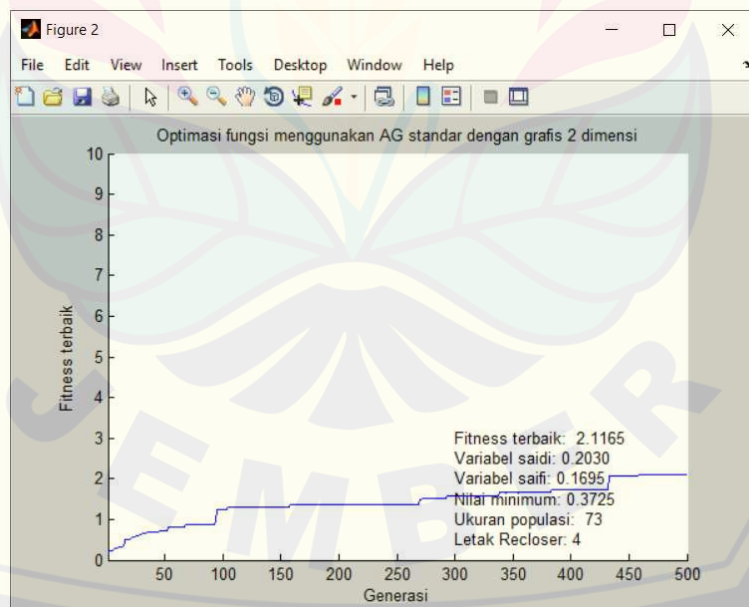
**Gambar 4.8 Hasil *Running* ke-1 Letak Optimasi *recloser***

Pada gambar 4.8 dapat dilihat bahwa nilai *fitness* terbaik jika recloser baru ditempatkan di titik 4 dimana posisi recloser berjarak terdekat dari recloser eksisting. Pada posisi ini nilai SAIFI yang diperoleh adalah sebesar 0,2212 kali/tahun/pelanggan dan nilai SAIDI sebesar 0,0103 jam/tahun/pelanggan dengan fitness terbaik 3.0169.



**Gambar 4.9 Hasil *Running* ke-2 Letak Optimasi recloser**

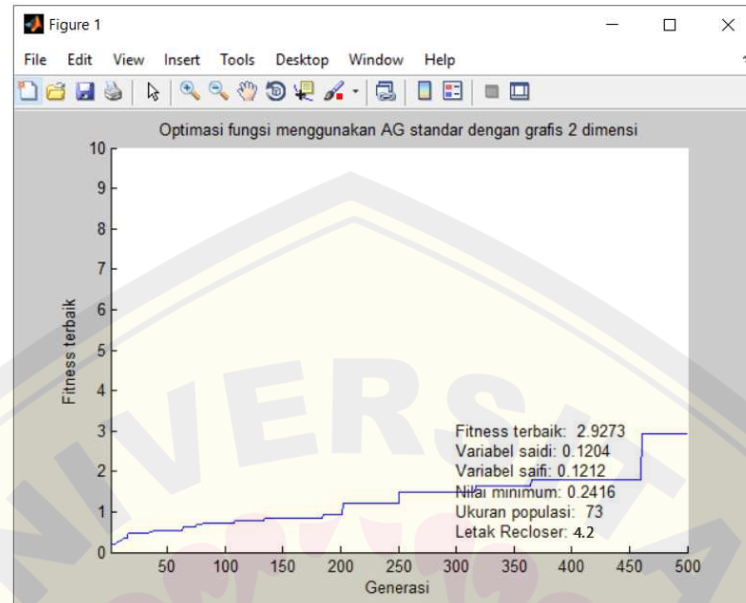
Pada gambar 4.9 dapat dilihat bahwa nilai *fitness* terbaik jika recloser baru ditempatkan di titik 4 dimana posisi recloser berjarak terdekat dari recloser eksisting. Pada posisi ini nilai SAIFI yang diperoleh adalah sebesar 0,1889 kali/tahun/pelanggan dan nilai SAIDI sebesar 0,1295 jam/tahun/pelanggan dengan *fitness* terbaik 2.3900.



**Gambar 4.10 Hasil *Running* ke-3 Letak Optimasi recloser**

Pada gambar 4.10 dapat dilihat bahwa nilai *fitness* terbaik jika recloser baru ditempatkan di titik 4 dimana posisi recloser berjarak terdekat dari recloser

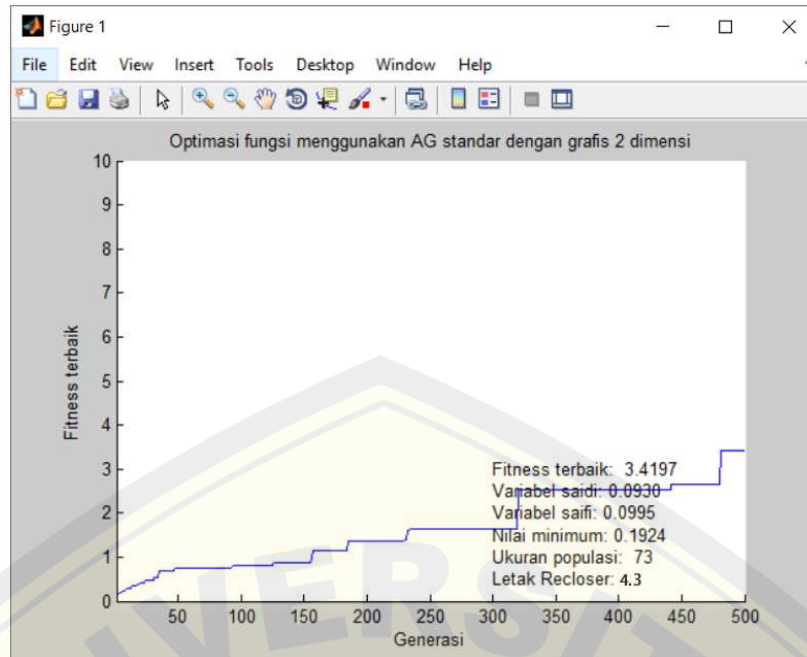
eksisting. Pada posisi ini nilai SAIFI yang diperoleh adalah sebesar 0,1695 kali/tahun/pelanggan dan nilai SAIDI sebesar 0,2030 jam/tahun/pelanggan dengan fitness terbaik 1.1165.



**Gambar 4.11 Hasil *Running* ke-4 Letak Optimasi *recloser***

Pada gambar 4.11 dapat dilihat bahwa nilai *fitness* terbaik jika *recloser* baru ditempatkan di titik 4 dimana posisi *recloser* berjarak terdekat dari *recloser* eksisting. Pada posisi ini nilai SAIFI yang diperoleh adalah sebesar 0,1212 kali/tahun/pelanggan dan nilai SAIDI sebesar 0,1204 jam/tahun/pelanggan dengan fitness terbaik 2.9273.





**Gambar 4.12 Hasil *Running* ke-5 Letak Optimasi *recloser***

Pada gambar 4.12 dapat dilihat bahwa nilai *fitness* terbaik jika *recloser* baru ditempatkan di titik 4.3 dimana posisi *recloser* berjarak terdekat dari *recloser* eksisting. Pada posisi ini nilai SAIFI yang diperoleh adalah sebesar 0,0995 kali/tahun/pelanggan dan nilai SAIDI sebesar 0,0930 jam/tahun/pelanggan dengan *fitness* terbaik 3.4197.

Dari hasil pengujian pada gambar 4.7 sampai 4.12 didapatkan nilai yang bervariasi dikarenakan sistem optimasi menggunakan algoritma genetika yang membangkitkan bilangan random. Hasil pengujian yang mempunyai *fitness* tertinggi adalah pada percobaan ke-5 yakni pada gambar 4.12 dengan nilai variabel SAIDI dan SAIFI masing-masing 0,0930 dan 0,0995. Sehingga hal ini dapat disimpulkan bahwa pengujian program algoritma genetika dalam penentuan penempatan *recloser* ini masih menunjukkan yang optimal yakni dengan error persen kurang dari 10%.

$$\begin{aligned} \text{Error persen percobaan 2} &= \left| \frac{HT-HP}{HT} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{4 - 4.1}{4} \right| \times 100\% \\ &= 2,5\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Error persen percobaan 4} &= \left| \frac{HT-HP}{HT} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{4 - 4.2}{4} \right| \times 100\% \\ &= 5\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Error persen percobaan 5} &= \left| \frac{HT-HP}{HT} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{4 - 4.3}{4} \right| \times 100\% \\ &= 7,5\%\end{aligned}$$

Dari analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa dalam menentukan peletakan jumlah recloser masih menunjukkan hasil yang optimal, sehingga hal ini dapat menjadi acuan untuk menentukan jumlah recloser pada daerah lain yang masih memiliki permasalahan dalam system distribusi listrik tersebut.

## BAB IV. PENUTUP

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang berjudul “Optimasi Penempatan Recloser Jaringan Distribusi PT PLN (Persero) Pada Penyulang Suritani Terhadap Keandalan Sistem Dengan Algoritma Genetika” dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan nilai SAIDI dan SAIFI peletakan *recloser* yang optimal ketika terpasang hanya 1 buah *recloser* yaitu pada grup 4. Dimana pada grup 4 memiliki Nilai SAIDI yang dihitung pada kelompok 4 adalah 4,105 dan nilai SAIFI adalah 2,315. Hal ini juga ditunjukkan dari hasil program algoritma genetika yang menunjukkan letak recloser terbaik berada pada kelompok 4.
2. Optimasi dengan algoritma genetika dapat menghasilkan beberapa solusi terbaik untuk masing-masing kasus. Dari 5 percobaan yang telah dilakukan dengan algoritma genetika, semua percobaan konsisten menunjukkan letak recloser terbaik berada pada *section 4*, selain itu nilai SAIDI dan SAIFI menjadi lebih kecil sebagai contoh pada percobaan pertama SAIDI 0,0103 dan SAIFI 0,2212.
3. Setelah dilakukan pengoptimalan letak recloser dengan metode algoritma genetika, nilai SAIDI dan SAIFI berubah menjadi jauh lebih kecil dibandingkan sebelum adanya pengoptimalan, dari data yang telah diolah berdasarkan Analisa metode *section technique* nilai SAIDI dan SAIFI pada section 4 cukup tinggi yaitu 4,105 untuk SAIDI dan 2,315 untuk SAIFI sedangkan setelah dilakukan pengoptimalan nilai SAIDI dapat diturunkan. Seperti pada percobaan kedua menggunakan metode algoritma genetika nilai SAIDI dan SAIFI menjadi lebih kecil yaitu 0,1295 dan 0,1885.

### 4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang berjudul “Optimasi Penempatan Recloser Jaringan Distribusi PT PLN (Persero) Pada Penyulang Suritani Terhadap Keandalan Sistem Dengan Algoritma Genetika”, penulis menyadari bahwa ada berbagai macam kekurangan dan kesalahan dalam pengerjaan tugas akhir ini,

sehingga penyempurnaan kedepannya sangat dibutuhkan agar sistem distribusi menjadi lebih handal. Berikut merupakan saran yang diperlukan untuk penelitian kedepan :

1. Dapat disesuaikan dengan jenis jaringan listrik lainnya, seperti jaringan loop dan spindel.
2. Dimungkinkan untuk mengembangkannya untuk perhitungan ASIDI dan ASIFI.
3. Harus dikembangkan untuk analisis dengan tingkat kegagalan dan nilai time-out yang berbeda untuk setiap komponen.
4. Harus dikembangkan untuk analisis dengan tingkat kegagalan dan nilai time-out yang berbeda untuk setiap komponen.
5. Perlu dikembangkan analisis yang mempertimbangkan fungsi recloser untuk mengatasi gangguan sementara.
6. Perlu dilakukan evaluasi ulang penempatan recloser yang paling optimal oleh PT PLN (Persero) di Penyulang Suritani.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Arif, M dan Sunaryo, S. 2013. Optimasi Penempatan Recloser Pada Jaringan Distribusi Tenaga Listrik TDO Bekasap PT CPI Dengan Pendekatan Pemograman Non Linear. Surabaya : Program Studi MMT-ITS.
- Basuki, A. 2003. Algoritma Genetika, Suatu Alternatif Penyelesaian Permasalahan Searching, Optimasi dan Machine Learning. Surabaya : PENS-ITS.
- Bayu, Abraham, dkk. 2017. Optimisasi Penempatan Recloser Pada Sistem Distribusi Jaringan Radial Penyulang Pdp-03 Menggunakan Ant Colony Optimization (ACO). TRANSIENT, VOL. 6, NO. 2, JUNI 2017, ISSN: 2302-9927, 224
- Brown, Ricard E. 2009. Electric Power Distribution Reliability. Second Edition. New York : CRC Press Tylor & Francis Group.
- Chowdhury, A. dan Koval, D. 2009. Power Distribution System Reliability Practical Methods and Applications. New Jersey : IEEE Press
- Dehghani, N. 2011. Optimization of Rcloser Placement to Improve Reliability by Genetic Algorithm. Bushehr : Islamic Azad University.
- Febrian, Thomas Lie, dkk. 2017. Optimisasi Penempatan Recloser Untuk Meminimalisir Nilai Saifi Dan Saidi Pada Sistem Distribusi Jaringan Radial Penyulang SRL-02 Menggunakan Artificial Bee Colony Algorithm. TRANSIENT, VOL. 6, NO. 4, DESEMBER 2017, ISSN:2302-9927, 652
- Prasetyo, Gunawan Hadi. 2014. Optimasi Penempatan Recloser Pada Penyulang Mayang Area Pelayanan Dan Jaringan (APJ) Jember Menggunakan Simplex Method. Jember : Fakultas Teknik, Universitas Jember.
- Prasetyo, Gunawan Hadi. 2014. Optimasi Penempatan Recloser Pada Penyulang Mayang Area Pelayanan Dan Jaringan (APJ) Jember Menggunakan Simplex Method. Jember : Fakultas Teknik, Universitas Jember.
- Rachman, Azwar. 2013. Optimasi Penempatan Recloser Pada Sistem Distribusi Radial Penyulang Kedonganan Gardu Induk Nusa Dua Bali Menggunakan Particle Swarm Optimization. Jember : Fakultas Teknik, Universitas Je
- Wijayanti, D., Hermawan dan Handoko, S. 2016. Optimisasi Penempatan Recloser

Untuk Meminimalisir Nilai SAIFI Dan SAIDI Pada Penyulang PDP  
04 Menggunakan Particle Swarm Optimization (PSO). Semarang :  
Teknik Elektro, Universitas Diponegoro

