



**OPTIMASI PENEMPATAN RECLOSER JARINGAN
DISTRIBUSI PT PLN (PERSERO) RAYON AMBULU PADA
PENYULANG BLATER TERHADAP KEANDALAN SISTEM
DENGAN ALGORITMA GENETIKA**

SKRIPSI

Oleh :

**Imam Fahmi Hidayat
NIM 141910201042**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**OPTIMASI PENEMPATAN RECLOSER JARINGAN
DISTRIBUSI PT PLN (PERSERO) RAYON AMBULU PADA
PENYULANG BLATER TERHADAP KEANDALAN SISTEM
DENGAN ALGORITMA GENETIKA**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik Elektro
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh :

Imam Fahmi Hidayat
NIM 141910201042

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

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

1. Nabi besar Muhammad Rasulullah SAW.
2. Keluarga besar Muhammad Hariyono (Ayah), Muhayinah (Ibu), Ika Puspita Sari (Kakak), Muhamad Indar Siswanto (Adik) dan saudara-saudara lainnya.
3. Para guru SDN Ambulu 3 dan SDN Jember Kidul 2, SMP Negeri 6 Jember dan SMA Negeri Arjasa serta para dosen perhuruan tinggi Universitas Jember.
4. Komunitas sosial Gerakan Nasi Bungkus Jember
5. Almamater kampus tercinta Universitas Jember
6. 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)

“We Give Cause We Care”
(Ganasbung Jember)

“Wani Perih”
(Teknik Elektro 2014, Universitas Jember)

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

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Imam Fahmi Hidayat

NIM : 141910201042

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Optimasi Penempatan Recloser Jaringan Distribusi PT PLN (Persero) Rayon Ambulu Pada Penyulang Blater Terhadap Keandalan Sistem Dengan 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, 28 Mei 2018

Yang menyatakan

Imam Fahmi Hidayat

NIM.141910201042

SKRIPSI

**OPTIMASI PENEMPATAN RECLOSER JARINGAN DISTRIBUSI PT
PLN (PERSERO) RAYON AMBULU PADA PENYULANG BLATER
TERHADAP KEANDALAN SISTEM DENGAN ALGORITMA
GENETIKA**

Oleh

Imam Fahmi Hidayat
NIM 141910201042

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : RB. Moch. Gozali, ST., MT.
Dosen Pembimbing Anggota : Suprihadi Prasetyono, ST., MT.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Optimasi Penempatan Recloser Jaringan Distribusi PT PLN (Persero) Rayon Ambulu Pada Penyulang Blater Terhadap Keandalan Sistem Dengan Algoritma Genetika" telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari, tanggal : **Senin, 28 Mei** 2018

Tempat : Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Tim penguji,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

RB. Moch. Gozali, ST., MT.
NIP 196906081999031002

Suprihadi Prasetyono, ST., MT.
NIP 197004041996011001

Penguji I,

Penguji II,

Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.
NIP 197008261997021001

Samsul Bachri M., S.T., M.MT.
NIP 196403171998021001

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.
NIP 196612151995032001

**OPTIMASI PENEMPATAN RECLOSER JARINGAN DISTRIBUSI PT
PLN (PERSERO) RAYON AMBULU PADA PENYULANG BLATER
TERHADAP KEANDALAN SISTEM DENGAN
ALGORITMA GENETIKA**

Imam Fahmi Hidayat

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Jaringan distribusi PT PLN (Persero) Rayon Ambulu memiliki tipe jaringan yang masih umum yaitu jaringan radial. Jaringan seperti ini memiliki tingkat keandalan yang relatif masih sangat rendah. Dengan sistem keandalan yang sangat rendah membuat nilai SAIDI dan SAIFI masih tinggi. Salah satu cara agar nilai SAIDI dan SAIFI menjadi rendah serta untuk meningkatkan nilai dari keandalan suatu sistem dalam jaringan distribusi 20 KV yaitu dengan cara memasang *recloser*. *Recloser* adalah perangkat yang ada pada jaringan 20 KV dan memiliki fungsi untuk memutuskan dan menyambungkan kembali aliran listrik secara otomatis. Perangkat tersebut akan berfungsi jika pada jaringan terjadi gangguan. Agar *recloser* bekerja dengan optimal, maka peletakan *recloser* tidak boleh pada sembarang titik, harus mempertimbangkan panjang penyulang dan jumlah pelanggan. Dengan peletakan *recloser* yang sesuai akan membuat sedikit pelanggan yang mengalami pemadaman jika suatu jaringan mengalami gangguan. Dengan hal tersebut maka akan membuat nilai dari SAIDI dan SAIFI menjadi kecil. Untuk menentukan peletakan *recloser* yang optimal diperlukan program optimasi, salah satu program optimasi adalah algoritma genetika. Dengan algoritma genetika bertujuan untuk meminimalkan nilai SAIDI dan SAIFI. Hasil pengujian yang dilakukan menggunakan penyulang Blater dengan panjang 102758 meter dan jumlah pelanggan sebanyak 26965 orang maka di dapatkan letak paling optimal pada grup 5 jika dalam satu penyulang terpasang 1 *recloser*, jika dalam satu penyulang terpasang 2 maka letak optimal pada grup 2 dan grup 5 karena memiliki nilai reduksi SAIDI dan SAIFI paling besar.

Kata Kunci: Jaringan radial, *Recloser*, SAIDI, SAIFI, algoritma genetika

**OPTIMIZATION PLACEMENT OF RECLOSER NETWORK
DISTRIBUTION PT PLN (PERSERO) RAYON OF AMBULU ON BLATER
RECOVERY ON RELIABILITY SYSTEM WITH
GENETIC ALGORITHM**

Imam Fahmi Hidayat

Electrical Engineering Department, Engineering Faculty, Jember University

ABSTRACT

PT PLN (Persero) distribution network of Ambulu Rayon has a common network type that is radial network. This network have a relatively low level of reliability. A very low reliability system makes SAIDI and SAIFI values are still high. One way for SAIDI and SAIFI values to be low and increase the value of the reliability system in 20KV distribution network by installing a recloser . Recloser is an existing device on a 20KV network and has the function to automatically disconnect and reconnect the power. The device will work if the network has interference. In order for the recloser to work optimally, the laying of the recloser should not be at the point, it should be consider the length of the repeater and the number of subscribers. The laying appropriate recloser will make a few customers who experience a blackout if a network is interrupted. So, it will make the value of SAIDI and SAIFI become small. To determine the laying optimal recloser required optimization program, one of the optimization programs is the genetic algorithm. Genetic algorithms aim to minimize SAIDI and SAIFI value. The test result using Blater repeater with length 102758 meters and the number of subscribers as much as 26965 people then it will get the most optimal location in group 5 if one of the repeater installed 1 recloser , if one of the repeater installed 2 then optimal location in group 2 and group 5 because it has the biggest reduction value of SAIDI and SAIFI.

Keywords : *Radial network, Recloser , SAIDI, SAIFI , genetic algorithm*

RINGKASAN

Optimasi Penempatan Recloser Jaringan Distribusi PT PLN (Persero) Rayon Ambulu Pada Penyulang Blater Terhadap Keandalan Sistem Dengan Algoritma Genetika; Imam Fahmi Hidayat, 141910201042; 2018; Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Jaringan distribusi tegangan menengah 20 KV milik PT PLN (Persero) Rayon Ambulu memiliki tipe jaringan yang masih umum yaitu jaringan radial. Dimana jaringan radial ini merupakan jaringan yang sangat sederhana dan ekonomis. Namun, jaringan radial memiliki tingkat keandalan yang relatif masih sangat rendah dibanding dengan sistem yang lainnya. Hal ini disebabkan karena hanya terdapat satu jalur utama yang menyuplai gardu distribusi, sehingga apabila jalur utama tersebut mengalami gangguan, maka seluruh gardu akan ikut padam. Kerugian lain yaitu mutu tegangan pada gardu distribusi yang paling ujung kurang baik, hal ini dikarenakan jatuh tegangan terbesar ada diujung saluran. Dengan sistem keandaandalan yang sangat rendah membuat nilai SAIDI (*Standar Average Interruption Duration Index*) dan SAIFI (*Standar Average Interruption Frequency Index*) masih tinggi. Salah satu cara agar nilai SAIDI dan SAIFI menjadi rendah serta untuk meningkatkan nilai dari keandalan suatu sistem dalam jaringan distribusi 20 KV yaitu dengan cara memasang *recloser*.

Recloser adalah perangkat yang ada pada jaringan 20 KV dan memiliki fungsi untuk memutuskan dan menyambungkan kembali aliran listrik secara otomatis. Perangkat tersebut akan berfungsi jika pada jaringan terjadi gangguan. Agar *recloser* bekerja dengan optimal, maka peletakan *recloser* tidak boleh pada sembarang titik, harus mempertimbangkan panjang penyulang dan jumlah pelanggan. Dengan peletakan *recloser* yang sesuai akan membuat sedikit pelanggan yang mengalami pemadaman jika suatu jaringan mengalami gangguan. Dengan hal tersebut maka akan membuat nilai dari SAIDI dan SAIFI menjadi kecil. Untuk menentukan peletakan *recloser* yang optimal diperlukan program optimasi, salah satu program optimasi adalah algoritma genetika.

Algoritma genetika adalah algoritma komputasi yang diinspirasi oleh teori evolusi yang kemudian diadopsi menjadi algoritma komputasi untuk mencari suatu solusi permasalahan dengan cara yang lebih “alamiah”. Dengan hal ini algoritma genetika dapat digunakan untuk mencari solusi dalam menentukan tempat yang optimal dalam menentukan letak *recloser*. Tujuan menggunakan algoritma genetika untuk mencari nilai SAIDI dan SAIFI terbaik peletakan *recloser*.

Hasil dari pengujian yaitu yang pertama dilakukan menggunakan penyulang Blater dengan panjang 102758 meter dan jumlah pelanggan sebanyak 26965 orang maka di dapatkan letak paling optimal pada grup 5 jika dalam satu penyulang terpasang 1 *recloser*, dengan nilai SAIDI sebesar 2,9062 dan SAIFI sebesar 0,9483. Jika dalam satu penyulang terpasang 2 maka letak optimal pada grup 2 dan grup 5 karena memiliki nilai reduksi SAIDI dan SAIFI paling besar, yaitu sebesar 9,7095 untuk nilai SAIDI dan sebesar 3,1240 untuk nilai SAIFI pada grup 2 dan nilai SAIDI sebesar 2,9062 serta SAIFI sebesar 0,9483 pada grup 5.

PRAKATA

Bismillahirrohmanirrohim,

Alhamdulillah, puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan ridhon-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Optimasi Penempatan Recloser Jaringan Distribusi PT PLN (Persero) Rayon Ambulu Pada Penyulang Blater Terhadap Keandalan Sistem Dengan 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. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M., Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Dr. Bambang Srikaloko, S.T., M.T., Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember;
3. Bapak RB. Moch. Gozali, ST., MT. dan Bapak Suprihadi Prasetyono, ST., MT. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dengan sepenuh hati untuk menyelesaikan tugas akhir ini;
4. Bapak Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. dan Bapak Samsul Bachri M., S.T., M.MT. selaku dosen penguji yang sudah memberikan banyak saran agar tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik;
5. Kedua Orang tua Ayahanda Muhammad Hariyono dan Ibunda Muhayinah, yang telah membesarkan, mendidik, mendoakan tiada henti, memberi motivasi semangat, menitikkan air mata dan memberi kasih sayang yang tak pernah habis selama ini;
6. Saudara kandungku kakak perempuan Ika Puspita Sari dan adik laki-laki Muhamad Indar Siswanto yang senantiasa menjadi motivasi dan inspirasi;
7. Sahabatku VIRUS 311A Nico Martha, Reski Pidya Putra, Agung Puji Santoso dan Galaxi Guardian, serta satu sahabat wanita Jefinka Nelza Emania yang sudah menemaniku selama ini serta memberiku semangat ketika aku berada di jalan yang salah;

8. Kawan GANASBUNG Pak Deny, Mbak Anis, Mas Rio, Mas Syarif, Hakim, Endang, Risqi, Yusril, Vita, Ambar, Arif, Vina, Restu, Ina, Tety, Sofyan, Yahya dan kawan yang lainnya yang sudah memberikan banyak motivasi agar segera selesai dalam pengerjaan tugas akhir ini;
9. Sahabat TEKNOKES Fikri, Herlina, Dwi, Kiki, Zilfa, Ahmad, Bagus, Wahyu, Gofar, Ari, Fairuz, Eva dan sahabat lainnya yang tak henti-hentinya membimbing dan menemaniku selama ini;
10. Para asisten Labolatorium Teknologi Informatika Bily, Mas Anjar, Mas Adit, Mbak Taskya, Adit, Afip, Ayub dan Pak Danang selaku teknisi;
11. Martin, Bowok, Ujik, Rendra, Hendri, Irfan, Gosal, Gustio dan segenap KETEK UJ (Keluarga Teknik Elektro Universitas Jember) angkatan 2014 yang selalu mendampingi serta semangat kapan dan dimanapun aku berada;
12. 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, 28 Mei 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN	iv
PEMBIMBING	v
PENGESAHAN	vi
ABSTRAK	vii
RINGKASAN	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Sistem Tenaga Listrik	4
2.1.1 Konfigurasi Dari Sistem Jaringan Distribusi	5
2.2.2 Jaringan Distribusi Radial	5
2.2 Keandalan Sistem Tenaga Listrik	6
2.2.1 <i>Recloser</i> / Penutup Balik Otomatis (PBO)	6
2.2.2 Komponen Sistem Keandalan	16
2.3 Indeks Keandalan	16
2.4 Sistem Pemodelan Jaringan Radial	17
2.5 Algoritma Genetika	18

2.5.1	Pendahuluan Algoritma Genetika	18
2.5.2	Komponen Utama Algoritma Genetika	20
2.5.3	Penerapan Algoritma Genetika	26
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN		30
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	30
3.1.1	Tempat Penelitian.....	30
3.1.2	Waktu Penelitian	30
3.2	Alat dan Bahan.....	31
3.3	Prosedur Penelitian.....	31
3.4	Tahapan Analisis.....	32
3.5	Alur Perhitungan Data	33
3.6	Alur Kerja Program Genetika Algoritma	34
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....		38
4.1	Gambaran Sistem Distribusi Penyulang Blater	38
4.1.1	Data Sistem Jaringan Distribusi Pada Penyulang Blater ..	38
4.1.2	<i>Single Line</i> Diagram Penyulang Blater	39
4.1.3	Data Panjang Penyulang Blater.....	40
4.1.4	Data Pelanggan Penyulang Blater.....	43
4.2	Menghitung Nilai Keandalan Sistem Distribusi Penyulang Blater	46
4.2.1	Menghitung SAIDI dan SAIFI Pada Tiap-Tiap Grup.....	50
4.2.2	Menentukan Letak Recloser Berdasarkan Dari Hasil Nilai Perhitungan	51
4.3	Hasil Pengujian SAIFI dan SAIDI Sistem Menggunakan Algoritma Genetika.....	52
BAB 5. PENUTUP.....		56
5.1	Kesimpulan	56
5.2	Saran	56
DAFTAR PUSTAKA		57
LAMPIRAN.....		58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jaringan Distribusi Sistem Radial	6
Gambar 2.2 <i>Recloser</i>	7
Gambar 2.3 Konstruksi <i>Recloser Schneider N-Series</i>	7
Gambar 2.4 Contoh penempatan <i>bushing recloser</i> sisi beban.....	8
Gambar 2.5 Bagian-bagian dalam dari <i>Recloser Schneider N-Series</i>	8
Gambar 2.6 <i>Wiring</i> Pemasangan ABSW, DS, <i>Recloser</i> dan Surja Arester.....	9
Gambar 2.7 Konstruksi Peralatan <i>Recloser 3</i> Fasa 20 KV Tampak Depan	10
Gambar 2.8 <i>Single-shot Reclosing Relay</i>	14
Gambar 2.9 <i>Multi Shot Reclosing Relay</i>	15
Gambar 2.10 Visualisasi Gen, Allele, Kromosom, Individu, dan Populasi	19
Gambar 2.11 Siklus Algoritma Genetika Oleh David Goldberg	20
Gambar 2.12 <i>Roulette wheel</i>	22
Gambar 2.13 Seleksi sebelum dirangking	22
Gambar 2.14 Seleksi sesudah dirangking	23
Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem Data yang Diperlukan	33
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem Pembuatan Program	34
Gambar 4.1 <i>Single Line</i> Penyulang Blater Yang Sudah Terbagi 8 Grup	39
Gambar 4.2 Hasil <i>Running</i> ke-1 Letak Optimasi <i>recloser</i>	53
Gambar 4.3 Hasil <i>Running</i> ke-2 Letak Optimasi <i>recloser</i>	43
Gambar 4.4 Hasil Hasil <i>Running</i> ke-3 Letak Optimasi <i>recloser</i>	54
Gambar 4.5 Hasil <i>Running</i> ke-4 Letak Optimasi <i>recloser</i>	54
Gambar 4.6 Hasil <i>Running</i> ke-5 Letak Optimasi <i>recloser</i>	55

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Rencana Kegiatan Tugas Akhir	30
Tabel 4.1 Data Panjang Penyulang Blater Pada Grup 1	40
Tabel 4.2 Data Panjang Penyulang Blater Pada Grup 2	40
Tabel 4.3 Data Panjang Penyulang Blater Pada Grup 3	40
Tabel 4.4 Data Panjang Penyulang Blater Pada Grup 4	41
Tabel 4.5 Data Panjang Penyulang Blater Pada Grup 5	41
Tabel 4.6 Data Panjang Penyulang Blater Pada Grup 6	41
Tabel 4.7 Data Panjang Penyulang Blater Pada Grup 7	42
Tabel 4.8 Data Panjang Penyulang Blater Pada Grup 8	42
Tabel 4.9 Data Pelanggan Penyulang Blater Pada Grup 1	43
Tabel 4.10 Data Pelanggan Penyulang Blater Pada Grup 2	43
Tabel 4.11 Data Pelanggan Penyulang Blater Pada Grup 3	43
Tabel 4.12 Data Pelanggan Penyulang Blater Pada Grup 4	44
Tabel 4.13 Data Pelanggan Penyulang Blater Pada Grup 5	44
Tabel 4.14 Data Pelanggan Penyulang Blater Pada Grup 6	44
Tabel 4.15 Data Pelanggan Penyulang Blater Pada Grup 7	45
Tabel 4.16 Data Pelanggan Penyulang Blater Pada Grup 8	45
Tabel 4.17 Data <i>Failure Rate</i> (λ) dan <i>Repair Time</i> (r) Peralatan SPLN	46
Tabel 4.18 Data λ dan r Saluran Udara Tegangan Menengah Menurut SPLN	46
Tabel 4.19 Perhitungan λ dan U Pada Grup 1	47
Tabel 4.20 Nilai <i>Failure Rate</i> (λ) Dan Ketidaktersediaan (U) Pada Grup 1	49
Tabel 4.21 Nilai <i>Failure Rate</i> (λ) & Ketidaktersediaan (U) Penyulang Blater ...	49
Tabel 4.22 Nilai SAIFI dan SAIDI Penyulang Blater	51
Tabel 4.23 Letak Yang Optimal Jika Terpasang 1 <i>Recloser</i>	51
Tabel 4.24 Letak Yang Optimal Jika Terpasang 2 <i>Recloser</i>	52

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mutu, keandalan dan kontinuitas penyaluran daya listrik dari Perusahaan Listrik Negara merupakan tuntunan bagi masyarakat sejalan dengan tingkat kebutuhan terhadap daya listrik yang digunakan. Yang menjadi sekarang adalah bagaimana Perusahaan Listrik Negara dapat mendistribusikan tenaga listrik ini ke konsumen dengan baik, aman dan ekonomis. Dengan memberikan kepuasan terhadap masyarakat maka diperlukan perancangan sistem kelistrikan yang baik. Melihat kehidupan masyarakat modern sekarang sangat dibutuhkan sistem tenaga listrik yang andal dengan kualitas baik. Untuk meningkatkan mutu pelayanan terhadap konsumen maka keandalan sistem harus dijaga agar penyaluran tenaga listrik tetap terjaga. Apabila gangguan terjadi, maka diharapkan sistem mampu mengamankan gangguan tersebut dan diwajibkan untuk mempersempit wilayah pemadaman.

Tingkat keandalan jaringan distribusi dan pada umumnya diukur oleh dua parameter, yaitu : *Standar Average Interruption Duration Index* (SAIDI) dan *Standar Average Interruption Frequency Index* (SAIFI). (Gunawan Hadi, 2014). SAIDI dan SAIFI merupakan suatu nilai yang menunjukkan besarnya kegagalan atau pemadaman layanan listrik yang berakibat pemadaman terhadap pelanggan. Dengan melihat parameter tersebut dapat dikatakan nilai yang tinggi dari angka SAIDI dan SAIFI menunjukkan bahwa semakin rendahnya tingkat keandalan dan tingkat pelayanan terhadap pelanggan.

Dalam satu sistem jaringan penyulang Blater memiliki sejumlah trafo distribusi sebanyak 73 buah, *Load Break Switch* (LBS) sebanyak 8 buah dan 1 buah komponen pemutus yang bernama *recloser*. PT PLN (Persero) Rayon Ambulu hanya memiliki 1 *recloser* yang di tempatkan pada desa Lengkong ini dirasa kurang optimal. Hal ini disebabkan karena peletakkannya yang berjarak hanya berjarak 8356 meter dari Gardu Induk, sedangkan panjang penyulang Blater keseluruhannya mencapai 102758 meter. Dengan data yang didapat tersebut bisa dinyatakan bahwa peletakan *recloser* masih kurang optimal. Hal lain yang menyatatakan bahwa letak

tersebut kurang optimal yaitu data dari jumlah pelanggan yang terlindung dan tidak terlindungi jika *recloser* pada penyalang Blater diletakan pada desa Lengkong. Data jumlah pelanggan yang terlindungi selama ini hanya 1284 orang, sedangkan jumlah pelanggan yang ada pada satu saluran penyalang Blater adalah berjumlah 26965 orang.

Penempatan *recloser* tidak boleh diletakan pada sembarang titik, tetapi harus memperhatikan dimana daerah yang padat pelanggan dan sering terjadi gangguan. (Yogi Lesmana,2015). Selama ini untuk menempatkan letak *recloser* hanya didasarkan jarak aman antara *recloser* dengan komponen pemutus lainnya dalam satu saluran penyalang dan belum mempertimbangkan berapa banyak pelanggan yang terlindungi di daerah tersebut. Berdasarkan data parameter kinerja dari komponen *recloser* dan lokasi menempatkan *recloser* perlu dilakukan perhitungan mengenai nilai indeks keandalan dari tiap-tiap lokasi penempatan *recloser* sehingga dapat memperoleh hasil yang optimal.

Terkait dengan optimasi penempatan komponen pada sistem distribusi, penempatan *recloser* tidak boleh diletakan pada sembarang titik, tetapi harus memperhatikan dimana daerah yang padat pelanggan dan sering terjadi gangguan. Selama ini penempatan *recloser* hanya berdasarkan jarak aman antara suatu *recloser* dengan komponen pemutus lainnya dan belum mempertimbangkan banyak pelanggan didaerah yang dilindungi. Berdasarkan data parameter kinerja *recloser* dan lokasi penempatan *recloser* dilakukan perhitungan nilai indeks keandalan dari tiap-tiap lokasi penempatan *recloser* sehingga diperoleh hasil yang optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian, ada beberapa hal masalah yang akan diselesaikan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana letak *recloser* yang optimal jika di pasang 1 *recloser* dalam satu saluran penyalang ?
2. Bagaimana letak *recloser* yang optimal jika di pasang 2 *recloser* dalam satu saluran penyalang ?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah penelitian, supaya pembahasan tidak terlalu luas maka diperlukan suatu pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Penyulang yang dipakai adalah penyulang Blater.
2. Konfigurasi sistem tenaga listrik yang dianalisis berbentuk radial.
3. Analisis dilakukan dengan menganggap jaringan dalam kondisi normal dan sistem pengamanan jaringan bekerja dengan baik.
4. Menggunakan data SPLN 59 : 1985 mengenai perkiraan angka keluar komponen, waktu operasi kerja dan pemulihan pelayanan.
5. Nilai laju kegagalan, waktu keluar, SAIDI dan SAIFI parameter yang dianalisis.
6. Menggunakan metode algoritma genetika dalam mencari solusi terbaik.
7. Algoritma genetika yang digunakan sebagai optimasi penempatan *recloser* hanya 1 *recloser* di penyulang Blater.

1.4 Tujuan Penelitian

Pada penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk menganalisis apakah penempatan *recloser* pada penyulang Blater, PT PLN (Persero) Rayon Ambulu sudah berada pada lokasi yang paling optimal, serta memastikan lokasi *recloser* yang optimal sesuai dengan Genetika Algoritma.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan melakukan penelitian tentang “Optimasi Penempatan *Recloser* Jaringan Distribusi PT PLN (Persero) Rayon Ambulu Pada Penyulang Blater Terhadap Keandalan Sistem Dengan Algoritma Genetika” diharapkan dapat menjadi acuan untuk mengoptimalkan penempatan *recloser* yang tepat berdasarkan nilai dari SAIDI dan SAIFI sehingga keandalan sistem distribusi penyulang Blater dapat meningkat.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab tinjauan pustaka, dibuat sebagai bahan dasar acuan penulis untuk melakukan sebuah penelitian tugas akhir yang berjudul “Optimasi Penempatan Recloser Jaringan Distribusi PT PLN (Persero) Rayon Ambulu Pada Penyulang Blater Terhadap Keandalan Sistem Dengan Algoritma Genetika”. Selain itu bertujuan untuk memperluas wawasan dan mengembangkan ilmu pengetahuan, sehingga dalam melakukan penelitian ilmu yang didapatkan dapat berkembang.

2.1 Sistem Tenaga Listrik

Secara garis besar sistem tenaga listrik terdiri dari beberapa komponen dasar yaitu pusat pembangkit listrik, transmisi tenaga, sistem distribusi dan pembeban. Pusat pembangkit adalah tempat dimana energi listrik pertama kali dibangkitkan, terdapat turbin sebagai penggerak mula (*Prime Mover*) dan generator yang dapat membangkitkan energi listrik. Setelah energi listrik dibangkitkan maka akan dilakukannya proses transmisi tenaga listrik. Prosesnya yaitu menyalurkan tenaga listrik dari tempat pembangkit tenaga listrik ke konsumen melalui sistem distribusi. Sistem distribusi merupakan suatu sistem yang terdiri dari SUTM (Saluran Udara Tegangan Menengah) dengan tegangan sebesar 20 KV dan SUTR (Saluran Udara Tegangan Rendah) dengan tegangan sebesar 380/220 V. Pada SUTM terdiri dari beberapa komponen yaitu diantaranya saluran udara atau kabel tanah, gardu distribusi tegangan menengah dan trafo sampai dengan panel-panel distribusi tegangan rendah 380/220 V yang nantinya akan menghasilkan tegangan kerja yang disalurkan ke konsumen. Berikut merupakan ketentuan pada sistem tenaga listrik :

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

2.1.1 Konfigurasi Dari Sistem Jaringan Distribusi

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

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

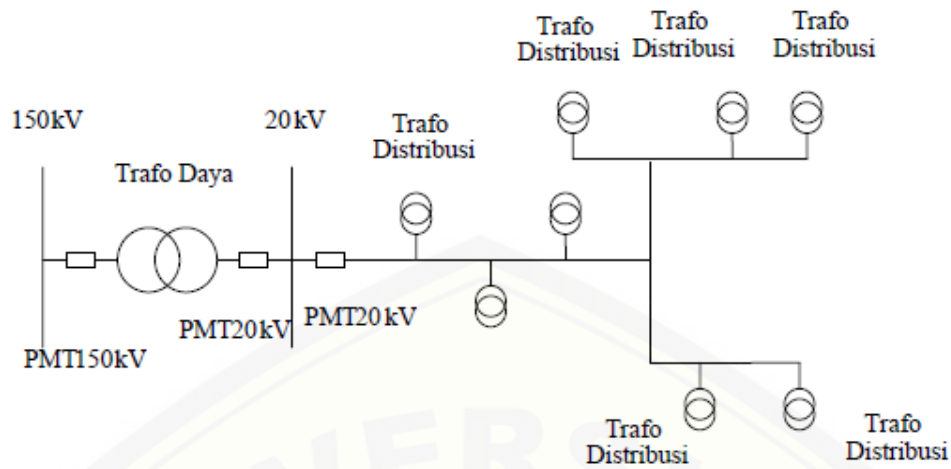
2.2.2 Jaringan Distribusi Radial

Pada penyulang Blater menggunakan jaringan distribusi yang berbentuk radial. Dimana saluran ini ditarik secara radial dari satu titik sumber dari jaringan itu dan bercabang pada titik beban yang dilayani. Catu daya berasal dari satu titik sumber dan dikarenakan ada percabangan-percabangan, maka arus beban yang mengalir dalam saluran penyulang tidak rata. Maka dari itu kerapatan arus/beban pada setiap titik sepanjang saluran tidak sama besar, jadi besar penampang yang ada pada jaringan berbentuk radial berbeda-beda. Berikut merupakan keuntungan dari sistem radial :

1. Berbentuk sederhana.
2. Biaya lebih murah.
3. Pemeliharaannya murah dan mudah.

Selain memiliki kelebihan, sistem jaringan berbentuk radial ini memiliki kelemahan. Yaitu diantaranya sebagai berikut :

1. Memiliki keandalan sistem yang rendah.
2. Pada ujung penyulang memiliki rugi-rugi tegangan yang lebih besar.
3. Penyaluran daya terhenti apabila terjadi gangguan.



Gambar 2.1 Jaringan Distribusi Sistem Radial

(Sumber: Suswanto, 2009)

2.2 Keandalan Sistem Tenaga Listrik

Dalam kasus ini sistem distribusi merupakan bagian yang sangat penting dari sebuah sistem penyaluran energi listrik, karena memiliki fungsi sebagai penyalur energi listrik ke pelanggannya. Keandalan sistem adalah kemampuan suatu sistem untuk bekerja sesuai dengan fungsinya dibawah kondisi operasi yang dihadapi selama suatu sistem tersebut berjalan. Secara umum, penyaluran sistem tenaga listrik dibagi menjadi beberapa bagian, diantaranya adalah sistem pembangkit, sistem transmisi, sistem distribus dan system pembebanan. Dari masing-masing bagian sistem tenaga listrik beroperasi secara terintegrasi agar dapat menyalurkan energi listrik dari pembangkit hingga pelanggan dengan baik.

2.2.1 *Recloser* / Penutup Balik Otomatis (PBO)

Recloser adalah suatu komponen kelistrikan yang ada pada jaringan tegangan menengah yang secara fisik memiliki fungsi sebagai pemutus beban. *Recloser* hanya bekerja ketika suatu jaringan terjadi gangguan, kinerja *recloser* hampir sama dengan *circuit bracker*, hanya saja pada *recloser* dapat diseting untuk bekerja membuka dan menutup kembali beberapa kali secara otomatis. Apabila *feeder* mendapat gangguan sementara, bila *circuit bracker* yang digunakan untuk *feeder* yang mendapat gangguan sementara, akan menyebabkan hubungan *feeder*

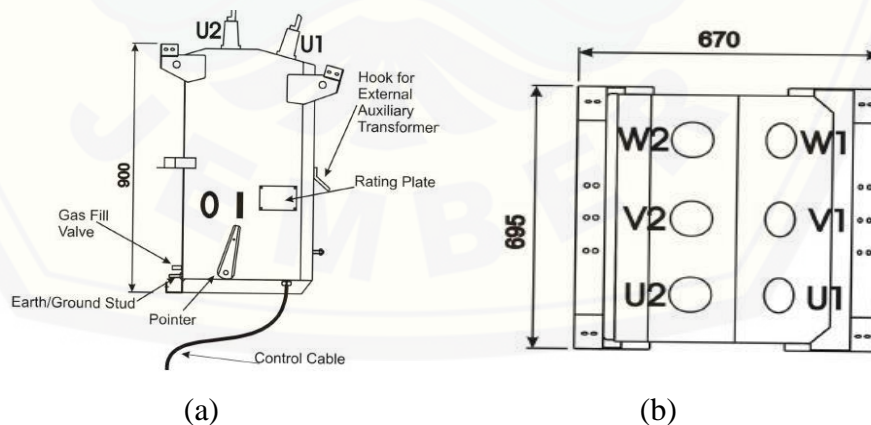
terputus. Tetapi jika recloser yang digunakan diharapkan gangguan sementara tersebut membuat *feeder* terputus, maka *recloser* bekerja beberapa kali sampai akhirnya *recloser* membuka kembali secara otomatis.



Gambar 2.2 Recloser
(Sumber: Fahmi, 2017)

1. Bagian-bagian dari *recloser*

Ada banyak merk *recloser* yang digunakan PT PLN (Persero). Setiap merk memiliki konstruksi berbeda, namun pada intinya prinsip kerjanya adalah sama yaitu sebagai alat pengindra arus lebih. Bagian utama pada peralatan *recloser* adalah *bushing*, *manual trip*, *arrester*, *ground stud*, dan peredam. Untuk *recloser Schneider tipe N-Series*, peredam *vacuum* diisi oleh gas SF₆ (*Sulphur Hexsflouride*).



Gambar 2.3 Konstruksi *Recloser Schneider N-Series*

(a) Tampak dari Luar (b) Tampak atas

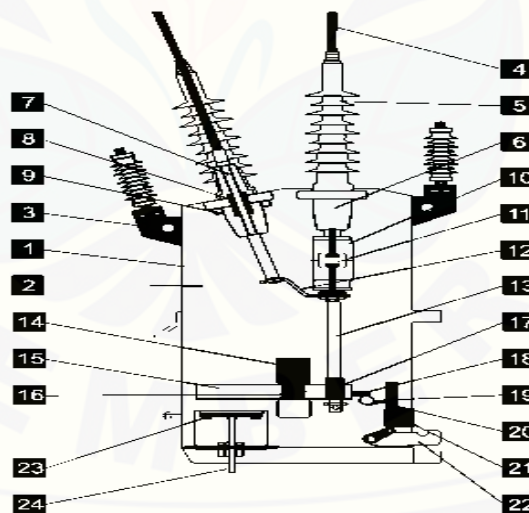
Bagian atas dipasang *bushing* 6 buah dan *arrester* 6 buah (untuk *Schneider* tidak menyediakan *arrester*). *Bushing* diidentifikasi sebagai

U1, V1, dan W1 pada sisi sumber. Sedangkan sisi satunya diidentifikasi dengan U2, V2, W2 sebagai sisi beban.



Gambar 2.4 Contoh penempatan *bushing recloser* sisi beban

Untuk pemasangan *surja arrester*, pada *recloser Schneider tipe N-Series* telah disediakan *Surge Arrester Mounting Bracket* yang berfungsi sebagai tempat pemasangan *arrester* dan dipasang baik pada sisi sumber maupun sisi bebannya. *Arrester* ini berfungsi sebagai proteksi terhadap tegangan lebih dari petir.



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

Keterangan Gambar :

- | | |
|---------------------------|----------------------|
| 1. Tank | 5. Bushing boot |
| 2. SF6 insulating gas | 6. Bushing |
| 3. Surge arrester bracket | 7. Central conductor |
| 4. HV cable tail | |

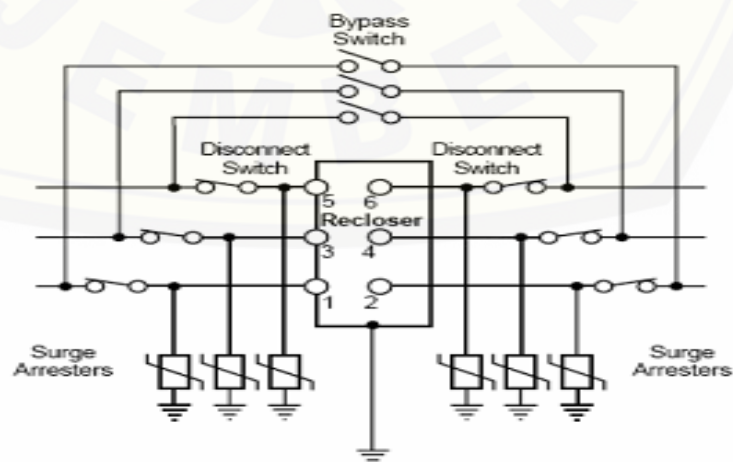
- | | |
|--|------------------------------|
| 8. <i>Capacitive Voltage Transformer (CVT)</i> | 16. <i>Opening spring</i> |
| 9. <i>Current Transformer (CT)</i> | 17. <i>Contact spring</i> |
| 10. <i>Vacuum interrupter</i> | 18. <i>Latch</i> |
| 11. <i>Contacts</i> | 19. <i>Trip bar</i> |
| 12. <i>Flexible connection</i> | 20. <i>Trip bar armature</i> |
| 13. <i>Push rod</i> | 21. <i>Trip seleniod</i> |
| 14. <i>Close solenoid</i> | 22. <i>Manual trip lever</i> |
| 15. <i>Mechanism plate</i> | 23. <i>SCEM</i> |
| | 24. <i>Control cable</i> |

2. Konstruksi Jaringan dengan Recloser pada JTM

Berdasarkan Buku Pedoman Standard Konstruksi Jaringan Distribusi Tahun 2008, pemasangan recloser 3 fasa tegangan 20 KV disertai dengan peralatan pendukung yang bertujuan agar *recloser* dapat bekerja secara handal dan mampu mem *back-up* kinerja *recloser* pada saat terjadi kerusakan pada *recloser* ataupun pada saat pemeliharaan *recloser*. Peralatan tersebut adalah sebagai berikut :

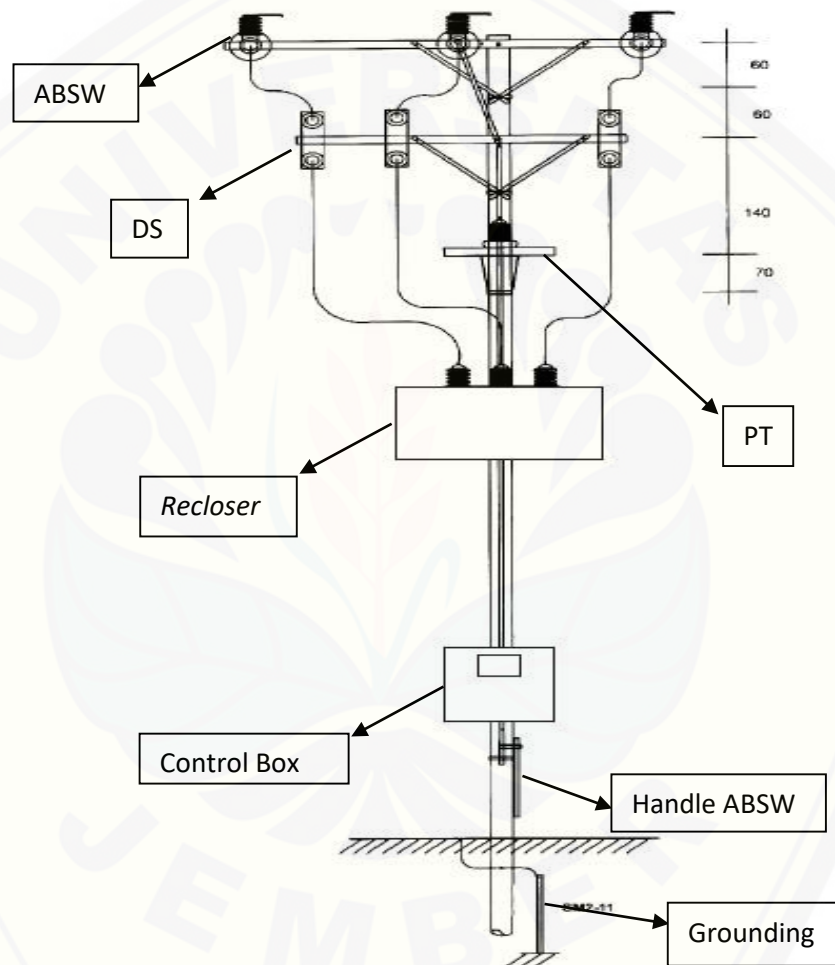
- | | |
|-------------------------------------|---|
| a. <i>Air Break Switch (ABSW)</i> | d. <i>Current/Potensial Transformer (CT/PT)</i> |
| b. <i>Disconnecting Switch (DS)</i> | e. <i>Control Box</i> |
| c. <i>Grounding</i> | |

Hal tersebut dapat dilihat pada gambar sebagai berikut :



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

Pada bagian atas dipasang ABSW yang berfungsi sebagai *bypass*, sehingga apabila dalam suatu kondisi tertentu *recloser* sedang dalam perbaikan maka jaringan tetap akan *continue* karena *dibypass* dengan menggunakan ABSw. Di bawah ABSw dipasang *Disconnecting Switch* (DS) untuk keperluan manuver. DS berfungsi untuk memisahkan bagian yang bertegangan dengan yang tidak bertegangan.



Gambar 2.7 Konstruksi Peralatan Pendukung *Recloser* 3 Phasa 20 KV
Tampak Depan

a. *Air Break Switch* (ABSw)

Air Break Switch (ABSw) adalah peralatan hubung yang berfungsi sebagai pemisah dan biasa dipasang pada jaringan luar. ABSw dilengkapi dengan peredam busur api yang berfungsi untuk meredam busur api yang ditimbulkan pada saat membuka / melepas pisau ABSw yang dalam kondisi

bertegangan. Selain itu ABSw juga dilengkapi dengan isolator tumpu sebagai penopang pisau ABSw, pisau kontak sebagai kontak gerak yang berfungsi membuka/memutus dan menghubungkan/memasukkan ABSw, serta stang ABSw yang berfungsi sebagai tangkai penggerak pisau ABSw. Perawatan rutin yang dilakukan untuk ABSw karena sering dioperasikan, mengakibatkan pisau-pisaunya menjadi aus dan terdapat celah ketika dimasukkan ke peredamnya / kontakannya. Celah ini yang mengakibatkan terjadi lonjakan bunga api yang dapat membuat ABSw terbakar. Pemasangan ABSw pada jaringan, antara lain digunakan untuk :

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

ABSW terdiri dari :

- | | |
|-------------------------|--------------------|
| ➤ Stang ABSW | ➤ Kawat Pentanahan |
| ➤ <i>Cross Arm</i> Besi | ➤ Peredam Busur |
| ➤ Isolator Tumpu | ➤ Api |
| ➤ Pisau Kontak | |

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

Adalah sebuah alat pemutus yang digunakan untuk menutup dan membuka pada komponen utama pengaman/*recloser*. DS tidak dapat dioperasikan secara langsung karena alat ini mempunyai desain yang dirancang khusus dan mempunyai kelas atau spesifikasi tertentu, jika dipaksakan untuk pengoperasian langsung, maka akan menimbulkan busur api, yang dapat berakibat fatal. Yang dimaksud dengan pengoperasian langsung adalah penghubungan atau pemutusan tenaga listrik dengan menggunakan DS pada saat DS tersebut masih dialiri tegangan listrik.

Pengoperasian DS tidak dapat secara bersamaan melainkan dioperasikan satu-persatu karena antara satu DS dengan DS yang lain tidak berhubungan, biasanya menggunakan *stick* (tongkat khusus) yang dapat dipanjangkan atau dipendekkan sesuai dengan jarak dimana DS itu berada.

DS sendiri terdiri dari bahan keramik sebagai penopang dan sebuah pisau yang berbahan besi logam sebagai *switch*-nya.

c. *Grounding* (Pentanahan)

Grounding (Pentanahan) pada jaringan distribusi digunakan sebagai pengaman langsung terhadap peralatan dan manusia bila terjadinya gangguan tanah atau kebocoran arus akibat kegagalan isolasi dan tegangan lebih pada peralatan jaringan distribusi. PT, *recloser*, dan *Control Box* di-*grounding* dalam satu titik. Fungsi dari *grounding* antara lain :

- 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)*

Current Transformer (CT) atau trafo arus merupakan peralatan listrik untuk menurunkan arus yang besar menjadi arus yang kecil. Arus yang besar perlu diturunkan karena relai hanya mampu dilewati arus yang kecil misalnya maksimum 5 A. Perbandingan arus yang diturunkan disebut dengan Rasio CT misalnya 500/5 A, artinya arus yang masuk pada sisi primer yang besarnya 500 A sebanding dengan arus yang keluar pada sisi sekunder 5 A. Perbandingannya adalah $500:5 = 100$ atau rasio CT tersebut sebesar 100 kali.

Demikian juga untuk tegangan yang besar perlu diturunkan menjadi tegangan yang kecil karena relai didesain untuk dialiri tegangan yang kecil. Peralatan untuk menurunkan tegangan tersebut dinamakan Trafo Tegangan/*Potential Transformer (PT)*. Contoh Rasio PT : 20000/ 100 Volt = 200 kali.

Baik CT maupun PT tersebut memiliki kelas ketelitian yang diperlukan untuk proteksi maupun pengukuran. Kelas CT-PT tersebut menentukan tingkat kesalahan/ *error* dari arus/ tegangan yang diturunkan,

sehingga perlu dipilih kelas yang sesuai penggunaannya berdasarkan standard yang ditentukan.

Potensial Transformer merupakan suatu peralatan listrik yang dapat memperkecil tegangan tinggi menjadi tegangan rendah, yang dipergunakan dalam rangkaian arus bolak-balik. Fungsi *Potensial Transformer* adalah untuk memperoleh tegangan yang sebanding dengan tegangan yang hendak dipergunakan dan untuk memisahkan sirkuit dari sistem dengan tegangan tinggi terhadap sirkuit dimana alat ukur tersambung.

e. *Control Box Recloser*

Peralatan kontrol dapat membaca dan menampilkan informasi yang tersimpan di *recloser* dan menyediakan proteksi dan komunikasi untuk *recloser*. *Recloser* terdiri dari pengontrol *switchgear* yang memonitor *recloser*, dan menyediakan komunikasi dan fungsi proteksi. Disuplai dengan tegangan bantu 110, 220 atau 240 VAC dikoneksikan dengan *recloser* dengan menggunakan kabel kontrol.

Control Box Recloser didesain untuk keperluan luar ruangan, tahan air, dan anti terhadap masuknya hewan seperti hama yang dapat mengganggu kinerja peralatan kontrol.

f. Baterai

Fungsi dari penggunaan baterai adalah untuk menyalakan peralatan kontrol dan berfungsi sebagai suplai cadangan peralatan kontrol sehingga apabila terjadi padam, peralatan kontrol masih bisa berjalan. Tegangan diambil dari JTM 20kV kemudian dimasukkan ke dalam *Current Transformer* (CT) agar keluaran tegangannya sesuai dengan yang dibutuhkan. Pada *recloser merk Schneider tipe N-Series*, baterai yang digunakan untuk suplai peralatan kontrol adalah 110, 220 atau 240 VAC.

3. 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.

4. Sifat-sifat *Recloser* / PBO

PBO / *Recloser* mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

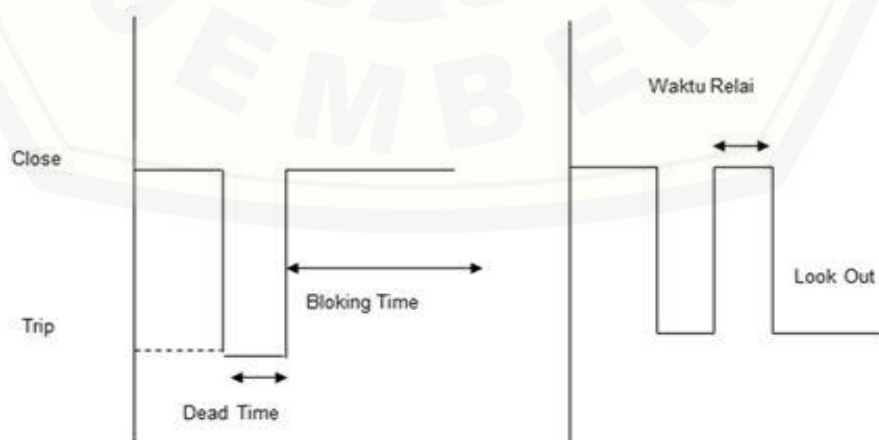
- a. Operasi cepat (*fast tripping*): untuk antisipasi gangguan temporer.
- b. Operasi lambat (*delayed tripping*) : untuk koordinasi dengan pengaman di hilir.
- c. Bila gangguan telah hilang pada operasi cepat maka PBO akan reset kembali ke status awal. Bila muncul gangguan setelah waktu *reset*, PBO 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*

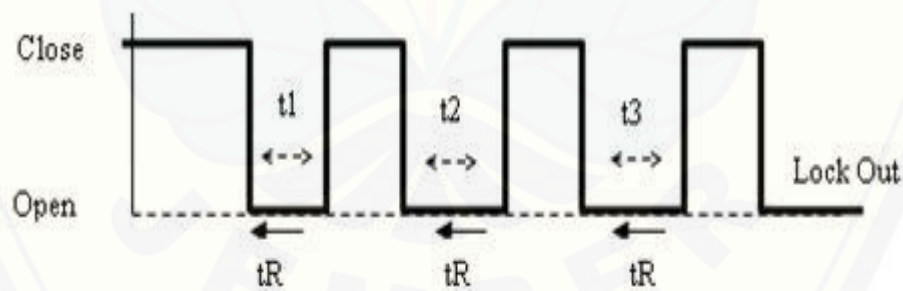
Relai hanya dapat memberikan perintah *recloser* ke PMT satu kali dan baru dapat melakukan *recloser* setelah *blocking time* terakhir. Bila terjadi gangguan pada periode *blocking time*, maka PMT trip dan tidak bisa *reclose* lagi (*lock – out*).



Gambar 2.8 *Single-shot Reclosing Relay*

b. *Multi Shot Reclosing Relay*

Relay ini dapat memberikan perintah *recloser* ke PMT lebih dari satu kali. *Dead time* antar *reclosing* dapat diatur sama atau berbeda. Bila terjadi gangguan, *relay* OCR/GFR memberikan perintah trip ke PMT. Pada saat yang sama juga mengerjakan (*mengenergizing*) *Reclosing relay*. Setelah *dead time* t_1 yang sangat pendek (perkiraan kurang dari 0,6 detik), relai memberi perintah reclose ke PMT. Jika gangguan masih ada, PMT akan trip kembali dan *reclosing relay* akan melakukan *reclose* yang kedua setelah *dead time* t_2 yang cukup lama (perkiraan antara 15-60 detik). Jika gangguan masih ada, maka PMT akan trip kembali dan *reclosing relay* akan melakukan *reclose* yang ke tiga setelah *dead time* t_3 . Bila gangguannya juga masih ada dalam periode *blocking* t_R , maka PMT akan trip dan lock out. Penggunaan multi shot reclosing harus disesuaikan dengan siklus kerja (*duty cycle*) dari PMT. Dalam kasus waktu yang dibutuhkan dalam melakukan *reclose*, untuk setiap peyulang dari Perusahaan Listrik Negara memiliki pengaturan yang berbeda-beda.



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

tR_3 = *blocking time* dari *reclosing* ketiga

2.2.2 Komponen Sistem Keandalan

Dalam suatu sistem jaringan distribusi tenaga listrik terdapat banyak komponen, seperti halnya transformator, circuit breaker, fuse, relay-relay, dan lain sebagainya. Namun, untuk menganalisis keandalan suatu sistem jaringan distribusi, komponen yang umum diperhatikan adalah tingkat laju kegagalannya (λ) dari :

1. Transformator
2. Circuit Breaker
3. LBS
4. Recloser
5. Fuse
6. Saluran distribusi, baik berupa SUTM maupun SKBT

Selain tingkat laju kegagalan (*failure rate*) dari masing-masing komponen, nilai *repair time* serta *switching time* dari setiap komponen juga diperlukan agar mengetahui nilai dari indeks keandalan sistem distribusi tersebut.

2.3 Indeks Keandalan

Indeks keandalan adalah suatu parameter keandalan dinyatakan dalam suatu besaran probabilitas, yang terdiri dari indeks titik beban dan indeks sistem. Perusahaan Listrik Negara sering menggunakan dua indeks, yakni SAIFI dan SAIDI dalam mengukur kinerja keandalan sistem tenaga listrik. Indeks keandalan yang dievaluasi biasanya menggunakan konsep klasik untuk menghitung nilai dari laju kegagalan rata-rata (λ), waktu pemadaman rata-rata (r), dan ketidakterersediaan tahunan rata-rata (U). Keandalan pelayanan konsumen dapat dinyatakan dalam beberapa indeks yang biasanya digunakan untuk mengukur keandalan dari suatu system distribusi listrik.

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

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

$$= \frac{\sum \lambda_i X_i}{\sum X_i} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

λ_i = Laju kegagalan (kegagalan/tahun)

X_i = Jumlah beban pada titik beban i (pelanggan)

X = Jumlah total beban pada satu sistem (pelanggan)

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

$$SAIDI = \frac{\text{total jumlah waktu gangguan yang dialami pelanggan}}{\text{total jumlah pelanggan}} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$= \frac{\sum U_i X_i}{\sum X_i} \dots\dots\dots(2.4)$$

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 Sistem Pemodelan Jaringan Radial

Setiap komponen yang ada pada sistem memiliki laju kegagalan dan keandalan. Laju kegagalan dan keandalan dari sistem itu sendiri tergantung pada komponen individunya. Keandalan dari sistem seri adalah probabilitas dimana semua komponen akan berperan secara serempak atau bersamaan agar sistem tersebut dapat beroperasi dengan baik. Apabila kegagalan komponen tidak tergantung dengan yang lain, maka probabilitas dari sistem dapat dituliskan ke dalam persamaan berikut :

$$\lambda_{sys} = \sum_i \lambda_i \dots\dots\dots(2.5)$$

$$U_{sys} = \sum_i \lambda_i \cdot r_i \dots\dots\dots(2.6)$$

$$r_{sys} = \frac{U_{sys}}{\lambda_{sys}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

λ = laju kegagalan komponen (kegagalan/tahun)

r = *outage time* komponen (jam/kegagalan)

U_{sys} = rata-rata ketidaktersediaan / *unavailability* sistem (jam/tahun)

2.5 Algoritma Genetika

Algoritma genetika merupakan salah satu algoritma yang sangat tepat digunakan dalam menyelesaikan masalah optimasi kompleks, yang sulit dilakukan oleh metode konvensional (Zukhri, 2013). Algoritma genetika adalah algoritma komputasi yang terinspirasi oleh teori evolusi yang kemudian diadopsi menjadi algoritma komputasi untuk mencari solusi suatu permasalahan dengan cara yang alamiah. Salah satu aplikasi algoritma genetika adalah pada permasalahan optimasi kombinasi, yaitu mendapatkan suatu nilai solusi optimal terhadap suatu permasalahan yang mempunyai banyak kemungkinan solusi.

2.5.1 Pendahuluan Algoritma Genetika

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

1. *Genotype* (Gen), menyatakan satuan dasar yang membentuk suatu arti tertentu dalam satu kesatuan gen yang dinamakan kromosom.
2. Kromosom, gabungan dari gen-gen yang membentuk nilai tertentu.
3. Allele, merupakan nilai dari gen.
4. Individu, menyatakan suatu nilai atau keadaan yang menyatakan salah satu solusi yang mungkin dari permasalahan yang diangkat.
5. Populasi, merupakan sekumpulan individu yang akan diproses bersama dalam satu siklus proses evaluasi.
6. Seleksi, merupakan proses untuk mendapatkan calon individu yang baik.
7. Crossover, merupakan proses pertukaran atau kawin silang gen-gen dari dua induk tertentu.

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.



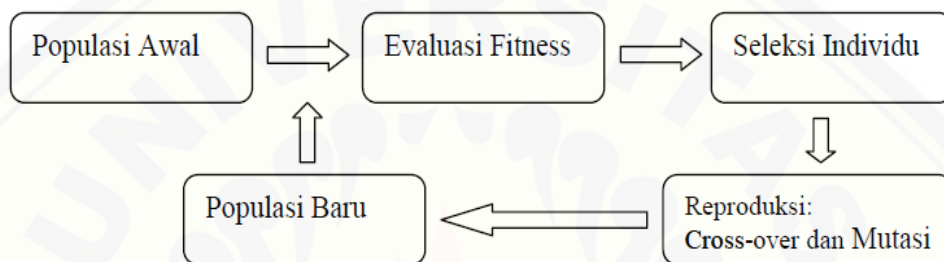
Gambar 2.10 Visualisasi Gen, Allele, Kromosom, Individu, dan Populasi

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

1. Algoritma genetika adalah algoritma yang dikembangkan dari proses pencarian solusi menggunakan pencarian acak, ini terlihat pada proses pembangkitan populasi awal yang menyatakan sekumpulan solusi yang dipilih secara acak.
2. Berikut ini pencarian dilakukan berdasarkan proses teori genetika yang memperhatikan pemikiran bagaimana memperoleh individu yang lebih baik, sehingga dalam proses evaluasi dapat diharapkan diperoleh individu yang baik.

2.5.2 Komponen Utama Algoritma Genetika

Siklus algoritma genetika yang tergambar pada gambar 2.4, tahapan siklus algoritma genetika dimulai dari membuat populasi awal secara acak, kemudian setiap individu dihitung nilai fitnessnya. Pada proses berikutnya adalah menyeleksi individu terbaik, kemudian dilakukan *cross-over* dan dilanjutkan oleh proses mutasi sehingga terbentuk populasi baru yang lebih selektif. Ketika tiba pada tahap mendapatkan populasi baru ini mengalami siklus yang sama dengan populasi sebelumnya. Proses ini terus berkelanjutan hingga generasi ke-n.



Gambar 2.11 Siklus Algoritma Genetika Oleh David Goldberg

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

1. Teknik Pengkodean

Teknik pengkodean adalah bagaimana mengodekan gen dari kromosom, dimana gen merupakan bagian dari kromosom. Satu gen biasanya akan mewakili satu variable. Agar dapat diproses melalui algoritma genetik, maka alternative solusi tersebut harus dikodekan terlebih dahulu kedalam bentuk kromosom. Masing-masing kromosom berisi sejumlah gen yang mengodekan informasi yang disimpan didalam kromosom. Gen dapat direpresentasikan dalam bentuk : bit, bilangan real, daftar aturan, elemen permutasi, elemen program atau representasi lainnya yang dapat diimplementasikan untuk operator genetika (Sutojo dkk, 2010).

2. Membangkitkan Populasi Awal

Membangkitkan populasi awal adalah proses membangkitkan sejumlah individu secara acak atau melalui procedure tertentu. Ukuran untuk populasi tergantung pada masalah yang akan diselesaikan dan jenis

operator genetika yang akan diimplementasikan. Setelah ukuran populasi ditentukan, kemudian dilakukan pembangkitan populasi awal. Teknik dalam pembangkitan populasi awal ini ada beberapa cara, diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Seperti pada metode random search, pencarian solusi dimulai dari suatu titik uji tertentu. Titik uji tersebut dianggap sebagai alternative solusi yang disebut sebagai populasi.
- b. Random Generator adalah melibatkan pembangkitan bilangan random untuk nilai setiap gen sesuai dengan representasi kromosom yang digunakan.
- c. Pendekatan tertentu (memasukan nilai tertentu kedalam gen) Cara ini adalah dengan memasukan nilai tertentu kedalam gen dari populasi awal yang dibentuk.
- d. Permutasi Gen, cara ini adalah penggunaan permutasi josephus dalam permasalahan kombinatorial seperti TSP.

3. Fungsi fitness

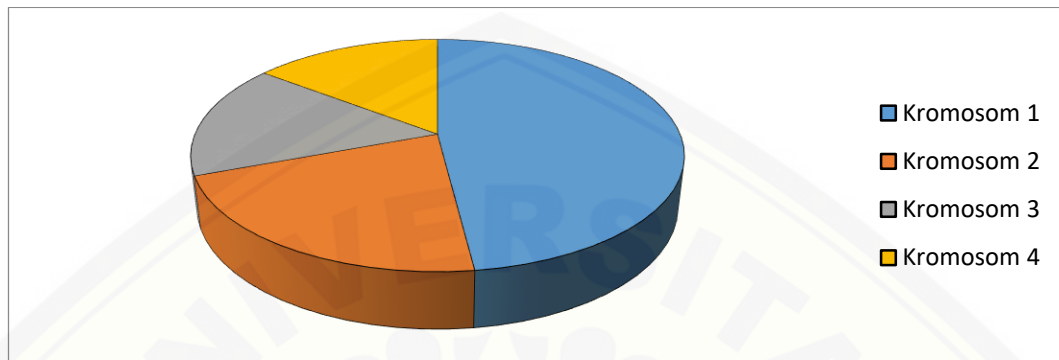
Suatu individu atau kromosom dievaluasi berdasarkan suatu fungsi tertentu sebagai ukuran performasinya. Fungsi yang digunakan untuk mengukur nilai kecocokan atau derajat optimalitas suatu kromosom disebut dengan fitness function. Nilai yang dihasilkan dari fungsi tersebut menandakan seberapa optimal solusi yang diperoleh. Nilai yang dihasilkan oleh fungsi fitness merepresentasikan seberapa banyak jumlah persyaratan yang dilanggar, sehingga dalam kasus penjadwalan perkuliahan semakin kecil jumlah pelanggaran yang dihasilkan maka solusi yang dihasilkan akan semakin baik.

4. Seleksi

Setiap kromosom yang terdapat dalam populasi akan melalui proses seleksi untuk dipilih menjadi orang tua. Sesuai dengan teori Evolusi Darwin maka kromosom yang baik akan bertahan dan menghasilkan keturunan yang baru untuk generasi selanjutnya. Ada beberapa metode seleksi, yaitu (Zukhri, 2013):

a. Seleksi *Roulette Wheel*

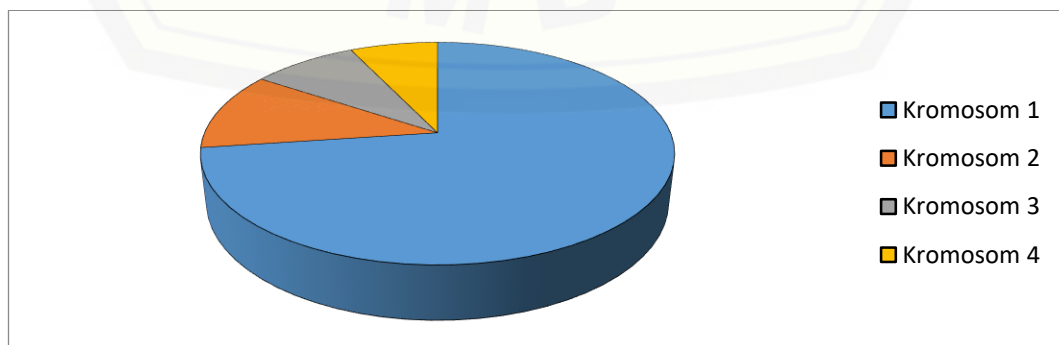
Model seleksi ini merupakan model yang paling besar variansinya. Munculnya individu superior sering terjadi pada model ini, sehingga perlu strategi lain menangani hal ini.



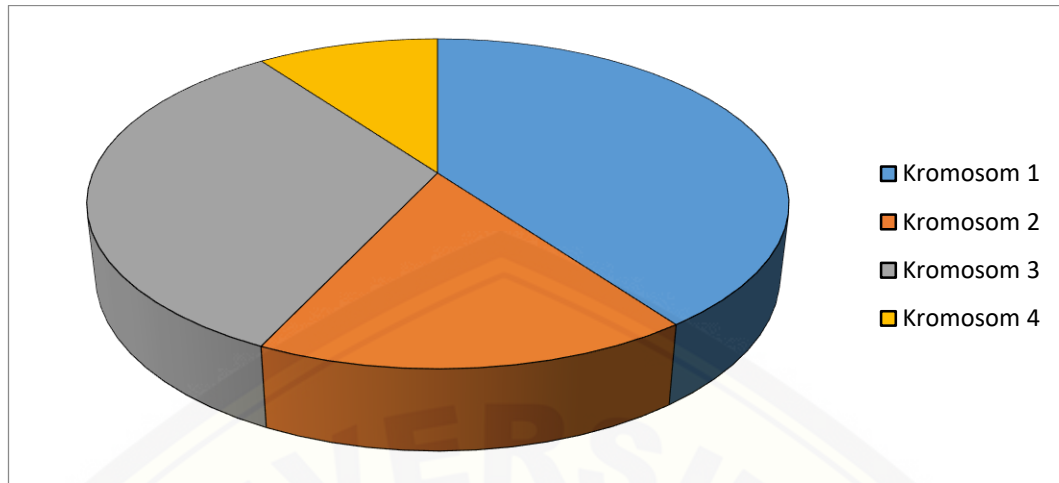
Gambar 2.12 *Roulette wheel*

b. Seleksi Rangking

Seleksi ini memperbaiki proses seleksi yang sebelumnya yaitu roulette wheel karena pada seleksi tersebut kemungkinan selain satu kromosom mempunyai nilai fitness yang mendominasi hingga 90% bisa terjadi. Sehingga nilai fitness yang lain akan mempunyai kemungkinan yang sangat kecil untuk terpilih. Seleksi rangking dipakai untuk mengatasi masalah di atas, pertama-tama, diurutkan seluruh kromosom berdasarkan bagus-tidaknya solusi berdasarkan nilai fitness-nya. Setelah diurutkan, kromosom terburuk diberi nilai fitness baru sebesar 1, kromosom kedua terburuk diberi nilai fitness baru sebesar 2, dan seterusnya. Kromosom terbaik diberi nilai fitness baru sebesar n dimana n adalah banyak kromosom dalam suatu populasi.



Gambar 2.13 Seleksi sebelum dirangking



Gambar 2.14 Seleksi sesudah dirangking

c. Seleksi *Steady State*

Metode ini tidak banyak digunakan dalam proses seleksi karena dilakukan dengan mempertahankan individu yang terbaik. Pada setiap generasi, akan dipilih beberapa kromosom-kromosom yang memiliki nilai fitness terburuk akan digantikan dengan offspring yang baru. Sehingga pada generasi selanjutnya akan terdapat beberapa populasi yang dipertahankan.

d. Seleksi Turnamen

Merupakan metode seleksi lainnya yang didasari fenomena alamiah seperti turnamen antar individu dalam populasi. Dilakukan dengan memilih secara acak beberapa kromosom dari populasi. Individu-individu yang terbaik dalam kelompok ini akan diseleksi sebagai induk.

e. *Truncation Random*

Metode ini lebih mudah diterapkan jika dibandingkan dengan metode Roulette Wheel, pemilihan kromosom dilakukan secara acak tetapi tidak semua kromosom mendapatkan kesempatan tersebut, hanya kromosom terbaik saja yang berpeluang.

5. *Cross-Over* atau Kawin Silang

Proses kawin silang adalah salah satu operator penting dalam algoritma genetika, metode dan tipe crossover yang dilakukan tergantung dari encoding dan permasalahan yang diangkat. Ada beberapa cara yang

bisa digunakan untuk melakukan crossover sesuai dengan encodingnya sebagai berikut (Zukhri, 2013):

a. *Binary encoding*

- *Crossover satu titik*

Memilih satu titik tertentu, selanjutnya nilai biner sampai titik crossoversnya 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 :

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

b. *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 :

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

c. *Value encoding*

Semua metode crossover pada binary crossover bisa digunakan.

d. *Tree encoding*

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

6. Mutasi

Mutasi merupakan proses mengubah nilai dari satu atau beberapa gen dalam suatu kromosom. Mutasi ini berperan untuk menggantikan gen yang hilang dari populasi akibat seleksi yang memungkinkan munculnya kembali gen yang tidak muncul pada inisialisasi populasi. Beberapa cara operasi mutasi yang diterapkan dalam algoritma genetika, antara lain:

1) 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

2) Mutasi dalam pengkodean permutasi.

Proses mutasi yang dilakukan pengkodean biner dengan mengubah langsung bit pada kromosom tidak dapat dilakukan pada pengkodean permutasi karena konsistensi urutan harus diperhatikan, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan memilih dua posisi dari kromosom dan kemudian nilainya saling tukar, contoh:

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

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

3) Mutasi dalam pengkodean nilai

Proses mutasi dalam pengkodean nilai dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya yaitu dengan memilih sembarang posisi gen pada kromosom, nilai yang ada tersebut kemudian

ditambah atau dikurangi dengan suatu nilai terkecil tertentu yang diambil secara acak.

Contoh mutasi dalam pengkodean nilai riil dengan yang ditambahkan atau dikurangkan 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

4) Mutasi dalam pengkodean pohon

Mutasi dalam pengkodean pohon dapat dilakukan antara lain dengan cara mengubah operator (+, -, *, /) atau nilai yang terkandung dalam suatu verteks pohon yang dipilih. Atau dapat juga dilakukan dengan memilih dua verteks dari pohon dan saling mempertukarkan operator atau nilainya.

7. Kondisi Selesai

Jika kondisi telah terpenuhi, maka algoritma genetika akan menghentikan proses pencariannya, tetapi jika belum terpenuhi maka algoritma genetika akan kembali ke evaluasi fitness.

2.5.3 Penerapan Algoritma Genetika

1. Membangkitkan populasi

Pada tahap pembangkitan populasi, terlebih dahulu menentukan jumlah individu dalam populasi tersebut. Ketika menentukan letak recloser jumlah individu yang dipakai adalah jumlah section yang terpilih dalam suatu penyulang. Untuk kromosom-kromosomnya dipakai adalah nilai dari SAIDI dan SAIFI dari section-section tersebut. Nilai gen penyusun kromosom menggunakan nilai dari laju kegagalan, ketidakterediaan dan waktu perbaikan sesuai dengan rumus SAIDI dan SAIFI. Untuk fungsi objektif penyelesaian optimasi ini dapat dilihat pada rumus berikut:

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

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

Keterangan :

- λ_L = Laju kegagalan dari trafo tiga fasa TTR (kegagalan/tahun)
- r_L = Waktu keluar dari trafo tiga fasa TTR (%/tahun)

2. Nilai fitness

Pada tahap nilai fitness menyatakan nilai dari fungsi tujuan. Tujuan dari algoritma genetika yaitu memaksimalkan nilai fitness. Jika yang dicari adalah nilai maksimal, maka nilai fitness merupakan nilai dari fungsi itu sendiri. Tetapi jika yang dicari adalah nilai minimal, maka nilai fitness merupakan nilai invers dari nilai fungsi itu sendiri. Fungsi fitness untuk menyelesaikan optimasi penempatan *recloser* menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

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

3. Linier Fitness Ranging (LFR)

Linier fitness ranging bertujuan untuk menghindari terjadinya *konvergensi premature* yang disebabkan oleh suatu individu memiliki nilai fitness paling tinggi yang memproduksi banyak anak pada generasi tertentu melalui proses pindah silang dan mutasi yang dapat menghasilkan lokal optimum. Untuk melakukan penskalaan nilai-nilai fitness dapat digunakan persamaan berikut (Sutojo dkk, 2010):

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

Keterangan:

- LFR(n) = nilai LFR individu ke-n
- N = jumlah individu dalam populasi
- R(n) = rangking individu ke-n setelah diurutkan dari nilai fitness terbesar hingga terkecil.

f_{max} = nilai fitness tertinggi

f_{min} = nilai fitness terendah

4. *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 Zuhri, 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.

5. 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 $r <$ 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 $[0 \ 1]$

6. Mutasi

Mutasi dilakukan kepada semua gen yang ada pada individu, jika bilangan *random* yang dibangkitkan lebih kecil dari probabilitas mutasi (p)

yang sudah ditentukan. Umumnya nilai p disetting = $1/N$, dengan N adalah jumlah gen dalam suatu individu. Untuk gen yang mempunyai tipe data *real*, mutasi dilakukan dengan cara menggeser nilai gen termutasi (pada posisi T , dengan $T = \text{random}$). Bilangan kecil ε yang ditentukan dalam interval $[0, 1]$. Berikutnya untuk menentukan nilai gen yang baru dapat dicari melalui rumus berikut :

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

7. Penggantian Populasi

Penggantian populasi merupakan semua individu awal dari satu generasi diganti oleh individu baru dari hasil proses pindah silang dan mutasi. Setelah dilakukan penggantian populasi, maka populasi baru ini disebut generasi kedua dan siap diproses lagi hingga generasi ke- n .

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab metodologi penelitian ini merupakan penjelasan beberapa hal pokok yaitu tempat dan waktu penelitian, alat dan bahan penelitian, blok sistem dan diagram alir (*flowchart*) serta langkah-langkah pengolahan data. Dalam penelitian ini akan memperhitungkan nilai dari keandalan sistem suatu jaringan distribusi PT PLN (Persero) Rayon Ambulu pada penyulang Blater yang bertujuan untuk mencari titik peletakan *recloser* secara optimal menggunakan perhitungan yang sistematis.

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

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

1. PT PLN (Persero) Distribusi Area Jember, Jl. Gajah Mada nomor 198.
2. PT PLN (Persero) Rayon Ambulu, Jl. Manggar, Tegalsari.
3. Laboratorium Sistem Kendali, Jl. Slamet Riyadi nomor 62 Patrang, Jember.

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan selama 5 bulan. Pada bulan Desember 2017 sampai Mei 2018. Adapun kegiatan yang dilakukan selama waktu penelitian yaitu seperti 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 ini yang dilakukan adalah mempersiapkan alat dan bahan yang diperlukan sebelum melakukan proses pembuatan program.

1. Hardware ; Laptop
2. Software ; Software simulink MATLAB R2013a

3.3 Prosedur Penelitian

Pada metodologi penelitian tahap prosedur penelitian, dibuat langkah-langkah dalam melaksanakan penelitian sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan yaitu dengan mengambil materi dari beberapa buku, judul jurnal, *paper* maupun skripsi-skripsi yang telah ada sebelumnya, dijadikan acuan maupun referensi penelitian untuk dikembangkan lebih lanjut untuk menganalisa optimasi penempatan *recloser*.

2. Pengambilan Data

Data yang diambil dari penyusunan tugas akhir ini adalah berjenis data kuantitatif, yaitu data yang berupa skema-skema atau *single line* diagram, data jumlah beban, jumlah pelanggan, kapasitas trafo, panjang penyulang dan data gangguan pada penyulang Blater dari PT. PLN (Persero) Rayon Ambulu yang terkait dengan optimasi penempatan *recloser* untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi pada penyulang Blater menggunakan metode algoritma genetika.

3. Pembuatan Program Algoritma genetika

Perancangan sistem optimasi ini menggunakan program Matlab R2013a dengan metode optimasi algoritma genetika. Pembuatan program simulasi ini dibuat dalam 6 tahap, tahap pertama adalah bangkitkan populasi, tahap kedua adalah hitung *fitness*, tahap ketiga adalah *linear fitness ranking*, tahap keempat adalah *roulette wheel*, tahap kelima adalah pindah silang, dan tahap keenam adalah mutasi. Fungsi objektif

penyelesaian optimasi ini dapat dilihat pada persamaan 2.8 dan 2.9. Fungsi *fitness* penyelesaian optimasi ini dapat dilihat pada persamaan 2.10.

4. Pembuatan Laporan

Pada tahap ini adalah tahap akhir dalam penyelesaian tugas akhir. Setelah melakukan pengambilan data dan pengolahan data, selanjutnya yaitu menuliskan hasil dari yang sudah dilakukan dengan menganalisis suatu kejadian-kejadian mulai awal pelaksanaan hingga akhir pelaksanaan. Hal yang dituliskan dalam laporan terdapat 5 bab, dimana yang pertama adalah bab pendahuluan, yang kedua adalah bab tinjauan pustaka, yang ketiga adalah bab metodologi penelitian, yang keempat adalah bab pembahasan dan terakhir adalah kesimpulan berdasarkan hasil yang telah dilakukan penelitian dalam pengerjaan tugas akhir.

3.4 Tahapan Analisis

Ada banyak tahapan-tahapan yang dilakukan dalam menyelesaikan tugas akhir ini, berikut merupakan tahapan-tahapannya :

1. Mengumpulkan data *single line diagram*, jumlah pelanggan, panjang saluran, laju kegagalan dan waktu keluaran.
2. Membagi penyulang Blater menjadi 8 grup berdasarkan letak LBS.
3. Mencari nilai laju kegagalan, waktu keluaran dan ketidakterersediaan dari masing-masing grup.
4. Menghitung nilai SAIDI dan SAIFI pada masing-masing grup.
5. Membangkitkan populasi dengan memasukan load point penyulang Blater.
6. Memasukan nilai populasi awal ke fungsi *fitness* dan akan mendapatkan nilai populasi pertama.
7. Melakukan proses *linear fitness ranking*.
8. Melakukan seleksi menggunakan *roulette wheel*.
9. Melakukan proses pindah silang (*crossover*).
10. Melakukan proses mutasi dan akan mendapatkan nilai populasi baru.

11. Mengulang kembali proses menghitung fitness sampai proses mutasi sampai generasi sama dengan jumlah generasi total generasi total yaitu sebesar 500 generasi.
12. Memilih 5 nilai fitness terbaik sebagai referensi dalam meletakkan recloser.

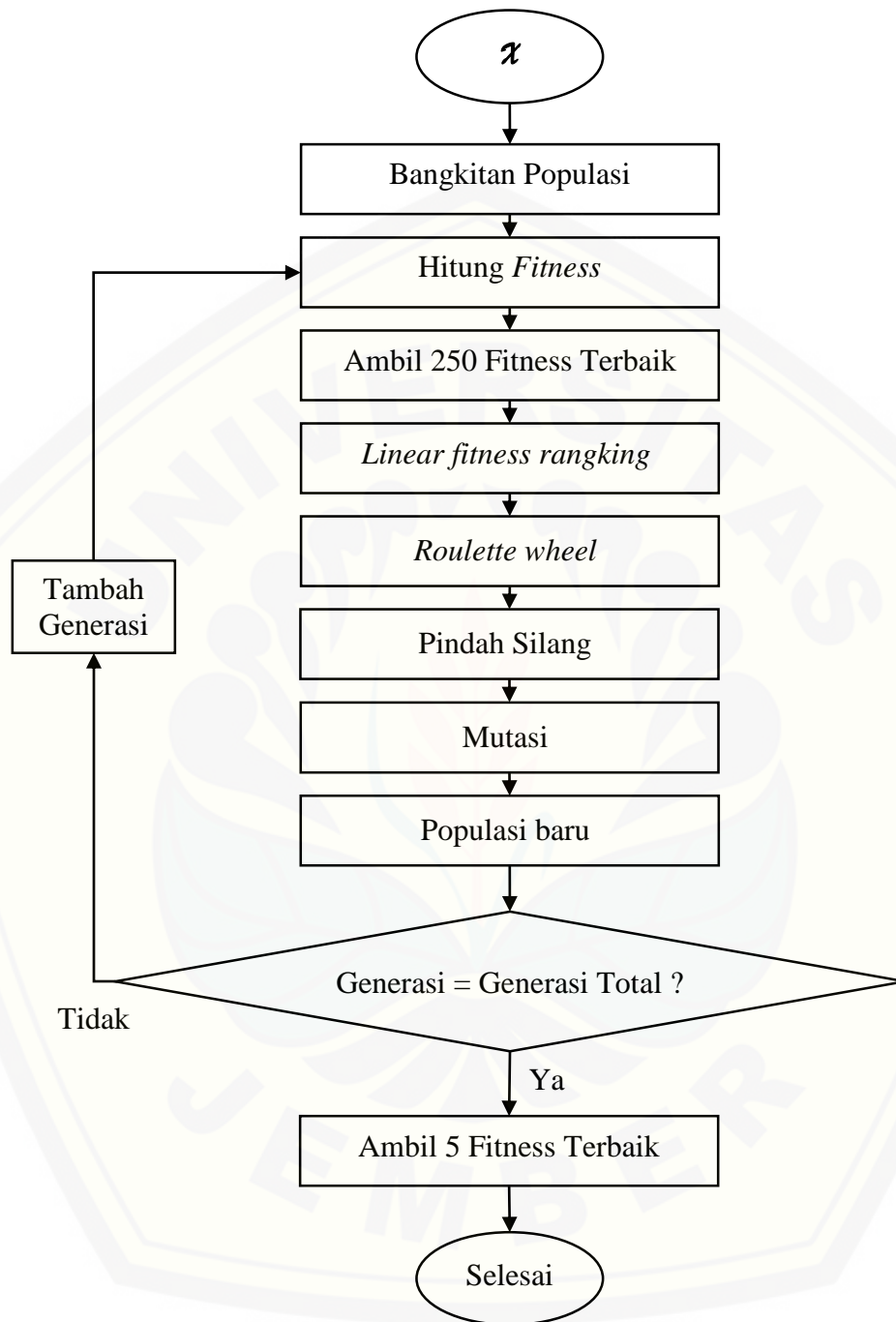
3.5 Alur Perhitungan Data



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem Data yang Diperlukan

Gambar pada blok diagram 3.1 merupakan cara pengolahan data, dimana yang pertama adalah mengumpulkan data yang didapatkan dari PT PLN (Persero) Rayon Ambulu. Kemudian data single line penyulang dibagi menjadi 8 bagian berdasarkan letak LBS dan selanjutnya memperhitungkan nilai dari laju kegagalan, waktu keluaran dan ketidakterediaan untuk mendapatkan nilai SAIDI dan SAIFI.

3.6 Alur Kerja Program Genetika Algoritma



Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem Pembuatan Program

Pada gambar blok diagram 3.2 dipergunakan untuk mencari solusi nilai reduksi SAIFI dan SAIDI yang paling besar pada masing-masing grup untuk mengetahui lokasi *recloser* yang paling optimal di suatu sistem program genetika algoritma. Untuk menyelesaikan masalah tersebut, langkah pertama yang dilakukan

adalah parameter nilai SAIDI dan SAIFI yang sudah dihitung lalu kemudian memasukan ke program optimasi dengan algoritma genetika seperti berikut ini :

```

%=====
% 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 mutasi
    bernilai tetap
% 7. Elitisme, satu atau dua buah kopi dari individu bernilai
    fitness tertinggi
% 8. Generational replacement: mengganti semua individu dengan
    individu baru
%=====
clc                                % Me-refresh command window
clear all                          % Menghapus semua semua variabel
                                   % yang 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 2D
hfig = figure;
hold on
title('Optimasi fungsi menggunakan AG standar dengan grafis 2
dimensi')
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, BilKecil);
    MaxF = Fitness(1);
    MinF = Fitness(1);
    IndeksIndividuTerbaik = 1;
    for ii=2:UkPop,
        Kromosom = Populasi(ii,:);
        x = DekodekanKromosom(Kromosom, Nvar, Nbit, Ra, Rb);
        [Fitness(ii) saidi(ii) saifi(ii)] =
EvaluasiIndividu(x, BilKecil);
        if (Fitness(ii) > MaxF),
            MaxF = Fitness(ii);
            IndeksIndividuTerbaik = ii;
            BestX = x;
        end
        if (Fitness(ii) < MinF),
            MinF = Fitness(ii);
        end
    end
end
[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: %5.4f',
(1/MaxF)-BilKecil));
set(htext5, 'String', sprintf('Ukuran populasi: %3.0f',
UkPop));
set(htext6, 'String', sprintf('Letak Recloser: %d', a(1)));
drawnow

```

```
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 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang berjudul “Optimasi Penempatan Recloser Jaringan Distribusi PT PLN (Persero) Rayon Ambulu Pada Penyulang Blater 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 5. Dimana pada grup 5 memiliki nilai SAIDI sebesar 2,9062 dan SAIFI sebesar 0,9483.
2. Dalam meletakkan 2 *recloser* yang optimal di penyulang Blater yaitu pada grup 5 dan grup 2. Hal ini terbukti dari hasil perhitungan yang menyatakan nilai SAIDI nilai SAIDI sebesar 2,9062 dan SAIFI sebesar 0,9483 pada grup 5 dan nilai SAIDI sebesar 9,7095 dan SAIFI sebesar 3,1240 pada grup 2.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang berjudul “Optimasi Penempatan Recloser Jaringan Distribusi PT PLN (Persero) Rayon Ambulu Pada Penyulang Blater 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 :

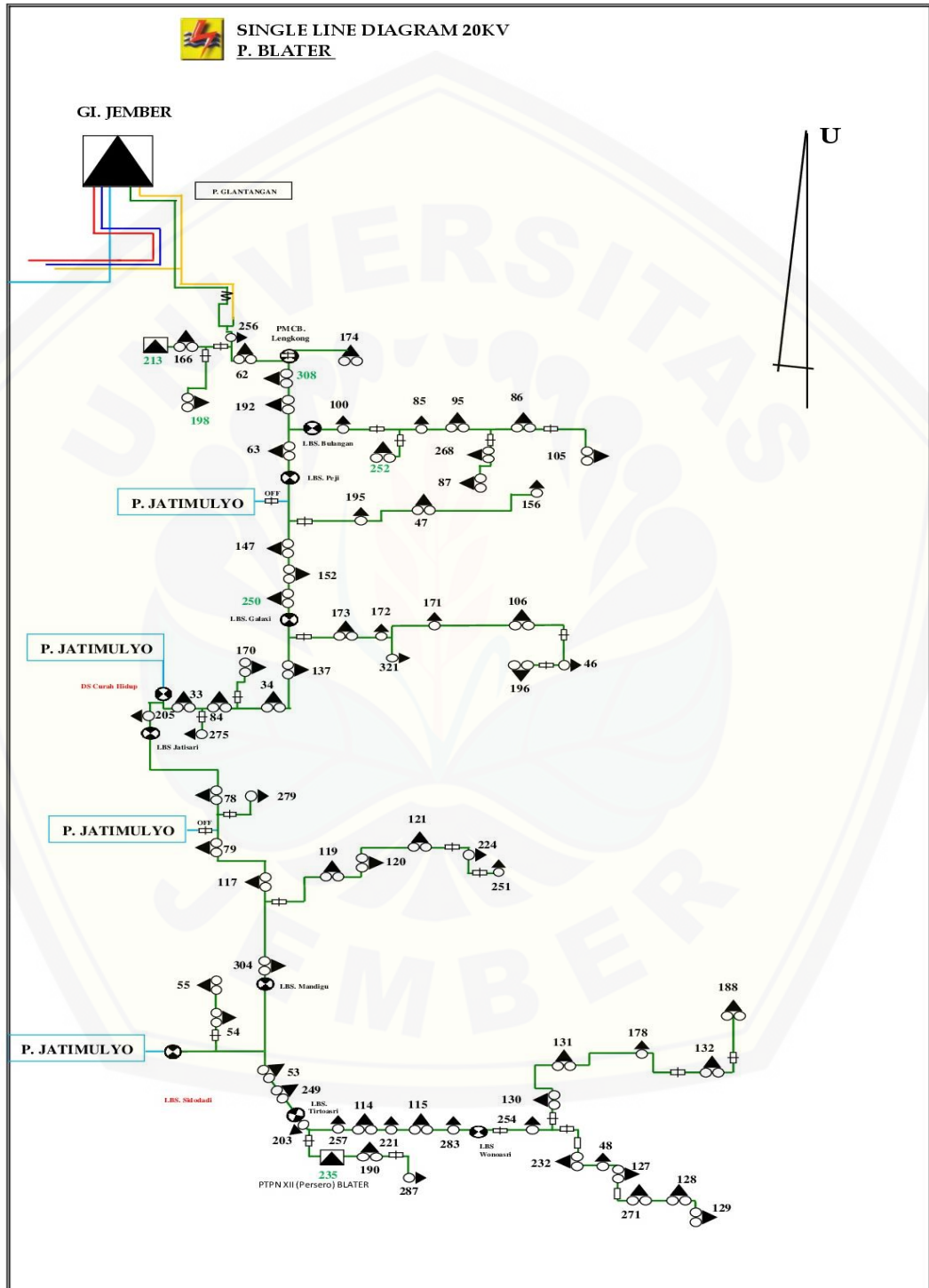
1. Perlu mengembangkan lagi terkait analisis penempatan *recloser* dengan metode yang lain.
2. Perlu penelitian optimasi penempatan *recloser* dengan sistem jaringan yang berbeda.
3. Perlu dilakukan pengkajian ulang oleh PT PLN (Persero) Rayon Ambulu Pada Penyulang Blater terhadap penempatan *recloser* yang paling optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- 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 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.
- 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.
- 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
- Dehghani, N. 2011. *Optimization of Rcloser Placement to Improve Reliability by Genetic Algorithm*. Bushehr : Islamic Azad University.
- Chowdhury, A. dan Koval, D. 2009. *Power Distribution System Reliability Practical Methods and Applications*. New Jersey : IEEE Press.
- Brown, Ricard E. 2009. *Electric Power Distribution Reliability. Second Edition*. New York : CRC Press Tylor & Francis Group.
- Basuki, A. 2003. *Algoritma Genetika, Suatu Alternatif Penyelesaian Permasalahan Searching, Optimasi dan Machine Learning*. Surabaya : PENS-ITS.
- Marbun, Y., Nikentari, N dan Bettiza, M. 2013. *Perbandingan Algoritma Genetika dan Particle Swarm Optimization dalam Optimasi Penjadwalan Matakuliah*. Tanjung Pinang : Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji.

LAMPIRAN

1. *Single Line Diagram Jaringan Blater Tahun 2018*



Gambar 1. *Single Line* Penyulang Blater

2. Data Jumlah Pelanggan PT. PLN (Persero) Rayon Ambulu Penyulang Blater Tahun 2018

Tabel 1. Data Jumlah Pelanggan Penyulang Blater

No	Load Point	No GTT	Jumlah Pelanggan	Grup
1	LP1	GE256	422	1
2	LP2	GE062	419	1
3	LP3	GE308	1	1
4	LP4	GE192	390	1
5	LP5	GE063	516	1
6	LP6	GE166	441	1
7	LP7	GE213	1	1
8	LP8	GE198	1	1
9	LP9	GE174	84	1
10	LP10	GE100	481	2
11	LP11	GE085	521	2
12	LP12	GE095	160	2
13	LP13	GE086	630	2
14	LP14	GE105	1014	2
15	LP15	GE252	1	2
16	LP16	GE268	557	2
17	LP17	GE087	409	2
18	LP18	GE147	638	3
19	LP19	GE152	11	3
20	LP20	GE250	1	3
21	LP21	GE195	316	3
22	LP22	GE047	431	3
23	LP23	GE156	331	3
24	LP24	GE137	608	4
25	LP25	GE034	636	4
26	LP26	GE084	413	4
27	LP27	GE033	451	4
28	LP28	GE205	430	4
29	LP29	GE173	511	4
30	LP30	GE172	374	4
31	LP31	GE171	83	4
32	LP32	GE106	748	4
33	LP33	GE046	645	4
34	LP34	GE196	225	4
35	LP35	GE321	291	4

36	LP36	GE170	407	4
37	LP37	GE275	263	4
38	LP38	GE078	845	5
39	LP39	GE079	757	5
40	LP40	GE117	667	5
41	LP41	GE304	291	5
42	LP42	GE279	218	5
43	LP43	GE119	442	5
44	LP44	GE120	695	5
45	LP45	GE121	227	5
46	LP46	GE224	290	5
47	LP47	GE251	94	5
48	LP48	GE053	194	6
49	LP49	GE249	310	6
50	LP50	GE054	904	6
51	LP51	GE055	300	6
52	LP52	GE203	294	7
53	LP53	GE257	515	7
54	LP54	GE114	462	7
55	LP55	GE221	224	7
56	LP56	GE115	775	7
57	LP57	GE283	445	7
58	LP58	GE235	1	7
59	LP59	GE190	70	7
60	LP60	GE287	107	7
61	LP61	GE254	65	8
62	LP62	GE232	62	8
63	LP63	GE048	1	8
64	LP64	GE127	304	8
65	LP65	GE128	389	8
66	LP66	GE129	360	8
67	LP67	GE130	475	8
68	LP68	GE131	280	8
69	LP69	GE178	258	8
70	LP70	GE132	1002	8
71	LP71	GE150	1	8
72	LP72	GE188	499	8
73	LP73	GE271	281	8
Total			26965	

**3. Data Panjang Saluran Distribusi PT. PLN (Persero) Rayon Ambulu
Penyulang Blater Tahun 2018**

Tabel 3. Data Keseluruh Panjang Penyulang Blater

No	Dari	Ke	Jarak (m)	Grup
1	GI Jember	LBS Indah Pemali	2302	1
2	LBS Indah Pemali	PCT Wirowongso	3710	1
3	PCT Wirowongso	LBS Wirowongso	97	1
4	LBS Wirowongso	GE256	318	1
5	GE256	CO Lengkong	144	1
6	CO Lengkong	CO Jurusan Bandara	155	1
7	CO Jurusan Bandara	GE198	1818	1
8	CO Jurusan Bandara	GE166	734	1
9	GE166	CO Pembenihan	57	1
10	CO Pembenihan	GE213	70	1
11	CO LENGKONG	GE062	605	1
12	GE062	PMCB Lengkong	164	1
13	PMCB Lengkong	CO PTPN XII	652	1
14	CO PTPN XII	GE174	1471	1
15	CO PTPN XII	GE308	200	1
16	GE308	GE192	200	1
17	GE192	LBS Bulangan	489	1
18	GE192	GE063	1275	1
19	GE063	LBS Peji Lengkong	53	1
20	LBS Bulangan	GE100	93	2
21	GE100	CO Mumbul Sari	252	2
22	CO Mumbul Sari	CO252	905	2
23	CO252	GE252	161	2
24	CO252	GE085	395	2
25	GE085	GE095	993	2
26	GE095	CO Jurusan GE087	1241	2

27	CO Jurusan GE087	GE268	887	2
28	GE268	GE087	1689	2
29	CO Jurusan GE087	GE086	112	2
30	GE086	CO Suco	74	2
31	CO Suco	GE105	1502	2
32	GE105	GE045	2306	2
33	LBS Peji Lengkong	CO Gayasan	1658	3
34	CO Gayasan	CO Kawang Rejo	134	3
35	CO Kawang Rejo	GE195	1085	3
36	GE195	GE047	881	3
37	GE047	GE156	1988	3
38	CO Kawang Rejo	GE147	767	3
39	GE147	GE152	599	3
40	GE152	CO PTP Damkar	511	3
41	CO PTP Damkar	GE250	537	3
42	CO PTP Damkar	LBS Galaxy	1364	3
43	LBS Galaxy	CO Galaxy	365	4
44	CO Galaxy	GE173	231	4
45	GE173	GE172	1415	4
46	GE172	GE321	128	4
47	GE172	GE171	1276	4
48	GE171	GE106	1590	4
49	GE106	CO Tamansari	138	4
50	CO Tamansari	CO Jurusan GE196	554	4
51	CO Jurusan GE196	GE046	114	4
52	CO Jurusan GE196	GE196	433	4
53	CO Galaxy	GE137	1472	4
54	GE137	GE034	504	4
55	GE034	CO Jurusan GE 170	697	4
56	CO Jurusan GE 170	GE170	902	4

57	CO Jurusan GE 170	GE084	170	4
58	GE084	CO 275	264	4
59	CO 275	GE275	577	4
60	CO 275	GE033	302	4
61	GE033	GE205	663	4
62	GE205	LBS Jatisari	72	4
63	LBS Jatisari	GE078	2115	5
64	GE078	CO279	50	5
65	CO279	GE279	979	5
66	CO279	CO Jati Mulyo	279	5
67	CO Jati Mulyo	GE079	163	5
68	GE079	GE117	2025	5
69	GE117	CO Sido Dadi	443	5
70	CO Sido Dadi	GE118	1560	5
71	CO Sido Dadi	GE119	1498	5
72	GE119	GE120	1762	5
73	GE120	GE121	1176	5
74	GE121	CO Kombongan	104	5
75	CO Kombongan	CO Karangharjo	2512	5
76	CO Karangharjo	GE224	654	5
77	CO Karangharjo	GE251	1663	5
78	CO Sido Dadi	CO Andong Rejo	2358	5
79	CO Andong Rejo	GE216	560	5
80	GE216	GE116	1368	5
81	CO Andong Rejo	GE304	172	5
82	GE304	LBS Mandigu	172	5
83	LBS Mandigu	CO Jurusan GE054	1527	6
84	CO Jurusan GE054	GE054	331	6
85	CO Jurusan GE054	GE055	387	6
86	GE055	CO274	334	6

87	CO274	GE052	90	6
88	GE052	LBS Sido Dadi	84	6
89	CO274	GE274	481	6
90	LBS Mandigu	GE053	951	6
91	GE053	CO Jurusan GE249	93	6
92	CO Jurusan GE249	GE249	147	6
93	CO Jurusan GE249	LBS Tirto Asri	97	6
94	LBS Tirto Asri	GE203	111	7
95	GE203	CO Wonosari	696	7
96	CO Wonosari	CO Jurusan GE235	632	7
97	CO Jurusan GE235	GE235	401	7
98	CO Jurusan GE235	GE190	242	7
99	GE190	CO Jurusan GE287	39	7
100	CO Jurusan GE287	GE287	2750	7
101	CO Wonosari	GE257	899	7
102	GE257	GE114	206	7
103	GE114	GE221	368	7
104	GE221	GE115	642	7
105	GE115	GE283	300	7
106	GE283	LBS Wonoasri	103	7
107	LBS Wonoasri	CO Karetan	156	8
108	CO Karetan	GE254	1678	8
109	GE254	CO Curah Lele	63	8
110	CO Curah Lele	CO Curah Nongko	672	8
111	CO Curah Nongko	CO Jurusan GE232	494	8
112	CO Jurusan GE232	GE232	464	8
113	CO Jurusan GE232	GE048	2221	8
114	GE048	GE127	1769	8
115	GE127	CO271	93	8
116	CO271	GE271	1200	8

117	CO271	GE128	492	8
118	GE128	GE129	817	8
119	CO Curah Lele	GE130	1370	8
120	GE130	GE131	2377	8
121	GE131	GE178	2379	8
122	GE178	CO Curahtakir	454	8
123	CO Curahtakir	GE132	1171	8
124	GE132	CO Jurusan GE188	56	8
125	CO Jurusan GE188	GE188	1094	8
126	CO Jurusan GE188	CO Jurusan GE150	527	8
127	CO Jurusan GE150	GE150	1665	8
128	CO Jurusan GE150	CO Mandilis	307	8
129	CO Mandilis	GE133	1134	8
130	GE133	CO Jurusan GE262	828	8
131	CO Jurusan GE262	GE262	786	8
132	CO Jurusan GE262	GE134	1128	8
133	GE134	GE135	2644	8
Total			102758	

Tabel 4. Data Panjang Saluran Utama Penyulang Blater

No	Dari	Ke	Jarak (m)	Grup
1	GI Jember	GE256	6427	1
2	GE256	GE062	749	1
3	GE062	GE308	1016	1
4	GE308	GE192	200	1
5	GE192	GE063	1275	1
6	GE063	LBS Peji Lengkong	53	1
7	LBS Peji Lengkong	GE147	2559	3
8	GE147	GE152	599	3
9	GE152	GE250	1048	3

10	GE250	LBS Galaxy	1875	3
11	LBS Galaxy	GE137	1837	4
12	GE137	GE034	504	4
13	GE034	GE084	867	4
14	GE084	GE033	566	4
15	GE033	GE205	663	4
16	GE205	LBS Jatisari	72	4
17	LBS Jatisari	GE078	2115	5
18	GE078	GE079	492	5
19	GE079	GE117	2025	5
20	GE117	GE304	2973	5
21	GE304	LBS Mandigu	172	5
22	LBS Mandigu	GE053	951	6
23	GE053	GE249	240	6
24	GE249	LBS Tirto Asri	244	6
25	LBS Tirto Asri	GE203	111	7
26	GE203	GE257	1595	7
27	GE257	GE114	206	7
28	GE114	GE221	368	7
29	GE221	GE115	642	7
30	GE115	GE283	300	7
31	GE283	LBS Wonoasri	103	7
32	LBS Wonoasri	GE254	1834	8
33	GE254	GE130	1433	8
34	GE130	GE131	2377	8
35	GE131	GE178	2379	8
36	GE178	GE132	1625	8
37	GE132	GE150	2248	8
Total			44743	

4. Perhitungan λ dan U

Tabel 5. Perhitungan λ dan U Grup 1

Peralatan	λ Peralatan (fault/thn/km)	Panjang Saluran (km)	λ (fault/tahun)	r (hour)	U (jam/tahun)
T	0,0050	-	0,0050	10	0,0500
S1	0,0030	-	0,0030	10	0,0300
S2	0,0030	-	0,0030	10	0,0300
L1	0,2000	6,4270	1,2854	3	3,8562
L2	0,2000	0,7490	0,1498	3	0,4494
L3	0,2000	1,0160	0,2032	3	0,6096
L4	0,2000	0,2000	0,0400	3	0,1200
L5	0,2000	1,2750	0,2550	3	0,7650
L6	0,2000	0,0530	0,0106	3	0,0318
L7	0,2000	1,0330	0,2066	3	0,6198
L8	0,2000	0,1270	0,0254	3	0,0762
L9	0,2000	2,1170	0,4234	3	1,2702
L10	0,2000	2,2870	0,4574	3	1,3722
L11	0,2000	0,4890	0,0978	3	0,2934

Tabel 6. Perhitungan Load Point 1 (GE256)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S1.L6.L5	0,2686	3,0782	0,8268
B	A/(S2.L11)	0,0733	3,1717	0,2325
C	B.L4.L3	0,3165	3,0398	0,9621
D	C//L10	0,1871	3,0234	0,5656
E	D.L2	0,9361	3,8091	3,5656
F	L8.L7	0,2320	3,0000	0,6960
G	F//L9	0,1499	3,0000	0,4496
H	G//E	0,1292	3,0906	0,3993
I	H.L1.T	1,4196	3,0329	4,3055

Tabel 7. Perhitungan Load Point 2 (GE62)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S1.L6.L5	0,2686	3,0782	0,8268
B	A/(S2.L11)	0,0733	3,1717	0,2325
C	B.L4.L3	0,3165	3,0398	0,9621
D	C//L10	0,1871	3,0234	0,5656
E	L8.L7	0,2320	3,0000	0,6960
F	E//L9	0,1499	3,0000	0,4496
G	F//L1	0,1342	3,0000	0,4027
H	G.L2	0,2840	3,0000	0,8521
I	H//D	0,1128	3,0141	0,3399
J	I.T	0,1178	3,3106	0,3899

Tabel 9. Perhitungan Load Point 3 (GE308)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S1.L6.L5	0,2686	3,0782	0,8268
B	A//(S2.L11)	0,0733	3,1717	0,2325
C	B.L4	0,1133	3,1111	0,3525
D	L8.L7	0,2320	3,0000	0,6960
E	D//L9	0,1499	3,0000	0,4496
F	E//L1	0,1342	3,0000	0,4027
G	F.L2	0,2840	3,0000	0,8521
H	G//L10	0,1752	3,0000	0,5257
I	H.L3	0,3784	3,0000	1,1353
J	I//C	0,0872	3,0848	0,2690
K	J.T	0,0922	3,4598	0,3190

Tabel 10. Perhitungan Load Point 4 (GE192)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S1.L6.L5	0,2686	3,0782	0,8268
B	A//(S2.L11)	0,0733	3,1717	0,2325
C	L8.L7	0,2320	3,0000	0,6960
D	C//L9	0,1499	3,0000	0,4496
E	D//L1	0,1342	3,0000	0,4027
F	E.L2	0,2840	3,0000	0,8521
G	F//L10	0,1752	3,0000	0,5257
H	H.L3.L4	0,4184	3,0000	1,2553
I	H//B	0,0624	3,1449	0,1961
I	I.T	0,0674	3,6537	0,2461

Tabel 11. Perhitungan Load Point 5 (GE63)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S1.L6	0,0136	4,5441	0,0618
B	L8.L7	0,2320	3,0000	0,6960
C	B//L9	0,1499	3,0000	0,4496
D	C//L1	0,1342	3,0000	0,4027
E	D.L2	0,2840	3,0000	0,8521
F	E//L10	0,1752	3,0000	0,5257
G	F.L3.L4	0,4184	3,0000	1,2553
H	G//(S2.L11)	0,0812	3,1657	0,2571
I	H.L5	0,3362	3,0400	1,0221
J	I//A	0,0131	4,4584	0,0583
K	J.T	0,0181	5,9916	0,1083

Tabel 12. Perhitungan Load Point 6 (GE166)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S1.L6..L5	0,2686	3,0782	0,8268
B	A//(S2.L11)	0,0733	3,1717	0,2325
C	B.L4.L3	0,3165	3,0398	0,9621
D	C//L10	0,1871	3,0234	0,5656
E	D.L2	0,3369	3,0130	1,0150
F	E//L1	0,2669	3,0103	0,8035
G	F//L9	0,1637	3,0063	0,4922
H	G.L7	0,4273	3,0024	1,2830
I	H//L8	0,0240	3,0001	0,0719
J	I.T	0,0290	4,2081	0,1219

Tabel 13. Perhitungan Load Point 7 (GE213)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S1.L6.L5	0,2686	3,0782	0,8268
B	A//(S2.L11)	0,0733	3,1717	0,2325
C	B.L4.L3	0,3165	3,0398	0,9621
D	C//L10	0,1871	3,0234	0,5656
E	D.L2	0,3369	3,0130	1,0150
F	E//L1	0,2669	3,0103	0,8035
G	F//L9	0,1637	3,0063	0,4922
H	G.L7.L8.T	0,4007	3,0899	1,2382

Tabel 14. Perhitungan Load Point 8 (GE198)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S1.L6.L5	0,2686	3,0782	0,8268
B	A//(S2.L11)	0,0733	3,1717	0,2325
C	B.L4.L3	0,3165	3,0398	0,9621
D	C//L10	0,1871	3,0234	0,5656
E	D.L2	0,3369	3,0130	1,0150
F	E//L1	0,2669	3,0103	0,8035
G	L8.L7	0,2320	3,0000	0,6960
H	G//F	0,1241	3,0048	0,3729
I	H.L9.T	0,5525	3,0644	1,6931

Tabel 15. Perhitungan Load Point 9 (GE174)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S1.L6.L5	0,2686	3,0782	0,8268
B	A/(S2.L11)	0,0733	3,1717	0,2325
C	B.L5.L4.L3	2,5643	3,6004	9,2325
D	L8.L7	0,2320	3,0000	0,6960
E	D/L9	0,1499	3,0000	0,4496
F	E/L1	0,1342	3,0000	0,4027
G	F.L2	0,2840	3,0000	0,8521
H	G/C	0,2557	3,0507	0,7801
I	H.L10.T	0,7181	3,0668	2,2023

Tabel 16. Nilai λ dan U pada Grup 1

Titik Beban	λ	U
LP1	1,4196	4,3055
LP2	0,1178	0,3899
LP3	0,0922	0,3190
LP4	0,0674	0,2461
LP5	0,0181	0,1083
LP6	0,0290	0,1219
LP7	0,4007	1,2382
LP8	0,5525	1,6931
LP9	0,7181	2,2023
Total	3,4153	10,6243

Tabel 17. Perhitungan λ dan U Grup 2

Peralatan	λ Peralatan (fault/thn/km)	Panjang Saluran (km)	λ (fault/tahun)	r (hour)	U (jam/tahun)
T	0,0050	-	0,0050	10	0,0500
S2	0,0030	-	0,0030	10	0,0300
L12	0,2000	0,0930	0,0186	3	0,0558
L13	0,2000	1,5520	0,3104	3	0,9312
L14	0,2000	0,9930	0,1986	3	0,5958
L15	0,2000	1,3530	0,2706	3	0,8118
L16	0,2000	1,5760	0,3152	3	0,9456
L17	0,2000	1,3180	0,2636	3	0,7908
L18	0,2000	2,1280	0,4256	3	1,2768
L19	0,2000	1,6890	0,3378	3	1,0134

Tabel 18. Perhitungan Load Point 10 (GE100)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	L16.L15	0,5858	3,0000	1,7574
B	L19.L18	0,7634	3,0000	2,2902
C	B//A	0,3315	3,0000	0,9944
D	C.L14.13	0,8405	3,0000	2,5214
E	D//L17	0,2007	3,0000	0,6020
F	S2.L12	0,0216	3,9722	0,0858
G	E//F	0,0195	3,8509	0,0751
H	G.T	0,0245	5,1058	0,1251

Tabel 19. Perhitungan Load Point 11 (GE85)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	L16.L15	0,5858	3,0000	1,7574
B	L19.L18	0,7634	3,0000	2,2902
C	B//A	0,3315	3,0000	0,9944
D	C.L14	0,5301	3,0000	1,5902
E	S2.L12	0,0216	3,9722	0,0858
F	E//L17	0,0200	3,8771	0,0774
G	F.L13	0,3304	3,0530	1,0086
H	G//D	0,2035	3,0324	0,6172
I	H.T	0,2085	3,1995	0,6672

Tabel 20. Perhitungan Load Point 12 (GE95)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	L16.L15	0,5858	3,0000	1,7574
B	L19.L18	0,7634	3,0000	2,2902
C	B//A	0,3315	3,0000	0,9944
D	S2.L12	0,0216	3,9722	0,0858
E	D//L17	0,0200	3,8771	0,0774
F	E.L13.L14	0,5290	3,0331	1,6044
G	F//C	0,2038	3,0127	0,6139
H	G.T	0,2088	3,1800	0,6639

Tabel 21. Perhitungan Load Point 13 (GE86)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S2.L12	0,0216	3,9722	0,0858
B	A//L17	0,0200	3,8771	0,0774
C	B.L13.L14	0,5290	3,0331	1,6044
D	L19.L18	0,7634	3,0000	2,2902
E	D//C	0,3125	3,0195	0,9435
F	E.L15	0,5831	3,0104	1,7553
G	F//L16	0,2046	3,0037	0,6145
H	G.T	0,2096	3,1706	0,6645

Tabel 22. Perhitungan Load Point 14 (GE105)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S2.L12	0,0216	3,9722	0,0858
B	A//L17	0,0200	3,8771	0,0774
C	D.L13.L14	0,5290	3,0331	1,6044
D	L19.L18	0,7634	3,0000	2,2902
E	D//C	0,3125	3,0195	0,9435
F	E.L15.L16.T	0,9033	3,0455	2,7509

Tabel 23. Perhitungan Load Point 15 (GE252)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	L16.L15	0,5858	3,0000	1,7574
B	L19.L18	0,7634	3,0000	2,2902
C	B//A	0,3315	3,0000	0,9944
D	C.L14.L13	0,8405	3,0000	2,5214
E	S2.L12	0,0216	3,9722	0,0858
F	E//D	0,0211	3,9402	0,0830
G	F.L17.T	0,2897	3,1892	0,9238

Tabel 24. Perhitungan Load Point 16 (GE268)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	L16.L15	0,5858	3,0000	1,7574
B	S2.L12	0,0216	3,9722	0,0858
C	B//L17	0,0200	3,8771	0,0774
D	C.L13.L14	0,5290	3,0331	1,6044
E	D//A	0,2780	3,0173	0,8387
F	E.L18	0,7036	3,0068	2,1155
G	F//L19	0,2282	3,0022	0,6852
H	G.T	0,2332	3,1522	0,7352

Tabel 25. Perhitungan Load Point 17 (GE87)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	L16.L15	0,5858	3,0000	1,7574
B	S2.L12	0,0216	3,9722	0,0858
C	B//L17	0,0200	3,8771	0,0774
D	C.L13.L14	0,5290	3,0331	1,6044
E	D//A	0,2780	3,0173	0,8387
F	E.L18.L19.T	1,0464	3,0380	3,1789

Tabel 26. Nilai λ dan U pada Grup 2

Titik Beban	λ	U
LP10	0,0245	0,1251
LP11	0,2085	0,6672
LP12	0,2088	0,6639
LP13	0,2096	0,6645
LP14	0,9033	2,7509
LP15	0,2897	0,9238
LP16	0,2332	0,7352
LP17	1,0464	3,1789
Total	3,1239	9,7094

Tabel 27. Perhitungan λ dan U Grup 3

Peralatan	λ Peralatan (fault/thn/km)	Panjang Saluran (km)	λ (fault/tahun)	r (hour)	U (jam/tahun)
T	0,0050	-	0,0050	10	0,0500
S1	0,0030	-	0,0030	10	0,0300
S3	0,0030	-	0,0030	10	0,0300
L20	0,2000	2,5590	0,5118	3	1,5354
L21	0,2000	0,5990	0,1198	3	0,3594
L22	0,2000	1,0480	0,2096	3	0,6288
L23	0,2000	1,8750	0,3750	3	1,1250
L24	0,2000	2,8770	0,5754	3	1,7262
L25	0,2000	0,8810	0,1762	3	0,5286
L26	0,2000	1,9880	0,3976	3	1,1928

Tabel 28. Perhitungan Load Point 18 (GE147)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S3.L23.L22.L21	0,7074	3,0297	2,1432
B	L26.L25.L24	1,1492	3,0000	3,4476
C	B//S1	0,0030	9,9396	0,0297
D	C.L20	0,5148	3,0403	1,5651
E	D//A	0,2980	3,0358	0,9046
F	E.T	0,3030	3,1508	0,9546

Tabel 29. Perhitungan Load Point 19 (GE152)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S3.L23.L22	0,5876	3,0357	1,7838
B	L26.L25.L24	1,1492	3,0000	3,4476
C	B//S1	0,0030	9,9396	0,0297
D	C.L20.L21	0,6346	3,0327	1,9245
E	D//A	0,3051	3,0343	0,9257
F	E.T	0,3101	3,1466	0,9757

Tabel 30. Perhitungan Load Point 20 (GE250)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S3.L23	0,3780	3,0556	1,1550
B	L26.L25.L24	1,1492	3,0000	3,4476
C	B//S1	0,0030	9,9396	0,0297
D	C.L20.L21.L22	0,8442	3,0246	2,5533
E	D//A	0,2611	3,0459	0,7953
F	E.T	0,2661	3,1766	0,8453

Tabel 31. Perhitungan Load Point 21 (GE195)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S3.L23.L22.L21.L20	1,2192	3,0172	3,6786
B	A//S1	0,0030	9,9435	0,0298
C	B.L24	0,5784	3,0359	1,7560
D	L26.L25	0,5738	3,0000	1,7214
E	D//B	0,0030	9,8255	0,0293
F	E.T	0,0080	9,9349	0,0793

Tabel 32. Perhitungan Load Point 22 (GE47)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S3.L23.L22.L21.L20	1,2192	3,0172	3,6786
B	A//S1	0,0030	9,9435	0,0298
C	B.L24.L25	0,7546	3,0275	2,2846
D	C//26	0,2604	3,0094	0,7836
E	D.T	0,2654	3,1411	0,8336

Tabel 33. Perhitungan Load Point 23 (GE156)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S3.L23.L22.L21.L20	1,2192	3,0172	3,6786
B	A//S1	0,0030	9,9435	0,0298
C	B.L24.L25.L26.T	1,1572	3,0482	3,5274

Tabel 34. Nilai λ dan U pada Grup 3

Titik Beban	λ	U
LP18	0,3030	0,9546
LP19	0,3101	0,9757
LP20	0,2661	0,8453
LP21	0,0080	0,0793
LP22	0,2654	0,8336
LP23	1,1572	3,5274
Total	2,3097	7,2158

Tabel 35. Perhitungan λ dan U Grup 4

Peralatan	λ Peralatan (fault/thn/km)	Panjang Saluran (km)	λ (fault/tahun)	r (hour)	U (jam/tahun)
T	0,0050	-	0,0050	10	0,0500
S3	0,0030	-	0,0030	10	0,0300
S4	0,0030	-	0,0030	10	0,0300
L27	0,2000	1,8370	0,3674	3	1,1022
L28	0,2000	0,5040	0,1008	3	0,3024
L29	0,2000	0,8670	0,1734	3	0,5202
L30	0,2000	0,5660	0,1132	3	0,3396
L31	0,2000	0,6630	0,1326	3	0,3978
L32	0,2000	0,0720	0,0144	3	0,0432
L33	0,2000	0,5960	0,1192	3	0,3576
L34	0,2000	1,4150	0,2830	3	0,8490
L35	0,2000	1,2760	0,2552	3	0,7656
L36	0,2000	1,5900	0,3180	3	0,9540
L37	0,2000	0,8060	0,1612	3	0,4836
L38	0,2000	0,5470	0,1094	3	0,3282
L39	0,2000	0,1280	0,0256	3	0,0768
L40	0,2000	1,5990	0,3198	3	0,9594
L41	0,2000	0,8410	0,1682	3	0,5046

Tabel 36. Perhitungan Load Point 24 (GE137)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	L38.L37.L36.L35	0,8438	3,0000	2,5314
B	A//L39	0,0248	3,0000	0,0745
C	B.L34.L33	0,4270	3,0000	1,2811
D	C//S3	0,0030	9,8398	0,0293
E	D.L27	0,3704	3,0550	1,1315
F	S4.L32.L31.L30	0,2632	3,0798	0,8106
G	F//L41	0,1026	3,0306	0,3110
H	G.L29	0,2760	3,0114	0,8312
I	H//L40	0,1482	3,0061	0,4454
J	I.L28	0,2490	3,0036	0,7478
K	J//E	0,1489	3,0241	0,4502
L	K.T	0,1539	3,2507	0,5002

Tabel 37. Perhitungan Load Point 25 (GE34)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	L38.L37.L36.L35	0,8438	3,0000	2,5314
B	A//L39	0,0248	3,0000	0,0745
C	B.L34.L33	0,4270	3,0000	1,2811
D	C//S3	0,0030	9,8398	0,0293
E	D.L27.L28	0,4712	3,0432	1,4339
F	S4.L32.L31.L30	0,2632	3,0798	0,8106
G	F//L41	0,1026	3,0306	0,3110
H	G.L29	0,2760	3,0114	0,8312
I	H//L40	0,1482	3,0061	0,4454
J	I//E	0,1127	3,0149	0,3398
K	J.T	0,1177	3,3116	0,3898

Tabel 38. Perhitungan Load Point 26 (GE84)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	L38.L37.L36.L35	0,8438	3,0000	2,5314
B	A//L39	0,0248	3,0000	0,0745
C	B.L34.L33	0,4270	3,0000	1,2811
D	C//S3	0,0030	9,8398	0,0293
E	D.L27.L28	0,4712	3,0432	1,4339
F	E//L40	0,1905	3,0173	0,5748
G	F.L29	0,3639	3,0091	1,0950
H	S4.L32.L31.L30	0,2632	3,0798	0,8106
I	H//L41	0,1026	3,0306	0,3110
J	I//G	0,0800	3,0258	0,2422
K	J.T	0,0850	3,4359	0,2922

Tabel 39. Perhitungan Load Point 27 (GE33)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	L38.L37.L36.L35	0,8438	3,0000	2,5314
B	A//L39	0,0248	3,0000	0,0745
C	B.L34.L33	0,4270	3,0000	1,2811
D	C//S3	0,0030	9,8398	0,0293
E	D.L27.L28	0,4712	3,0432	1,4339
F	E//L40	0,1905	3,0173	0,5748
G	F.L29	0,3639	3,0091	1,0950
H	G//L41	0,1150	3,0029	0,3454
I	H.L30	0,2282	3,0014	0,6850
J	S4.L32.L31	0,1500	3,1400	0,4710
K	J//I	1,0000	1,0000	1,0000
L	K.T	1,0050	1,0448	1,0500

Tabel 40. Perhitungan Load Point 28 (GE205)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	L38.L37.L36.L35	0,8438	3,0000	2,5314
B	A//L39	0,0248	3,0000	0,0745
C	B.L34.L33	0,4270	3,0000	1,2811
D	C//S3	0,0030	9,8398	0,0293
E	D.L27.L28	0,4712	3,0432	1,4339
F	E//L40	0,1905	3,0173	0,5748
G	F.L29	0,3639	3,0091	1,0950
H	G//L41	0,1150	3,0029	0,3454
I	H.L30.31	0,3608	3,0009	1,0828
J	S4.L32	0,0174	4,2069	0,0732
K	J//I	0,0166	4,1305	0,0686
L	K.T	0,0216	5,4892	0,1186

Tabel 41. Perhitungan Load Point 29 (GE173)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S4.L32.L31.L30	0,2632	3,0798	0,8106
B	A//L41	0,1026	3,0306	0,3110
C	B.L29	0,2760	3,0114	0,8312
D	C//L40	0,1482	3,0061	0,4454
E	D.L28.L27	0,6164	3,0015	1,8500
F	E//S3	0,0030	9,8883	0,0295
G	F.L33	0,1222	3,1683	0,3871
H	L38.L37.L36.L35	0,8438	3,0000	2,5314
I	H//L39	0,0248	3,0000	0,0745
J	I.L34	0,3078	3,0000	0,9235
K	J//G	0,0875	3,1186	0,2728
L	K.T	0,0925	3,4907	0,3228

Tabel 42. Perhitungan Load Point 30 (GE172)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S4.L32.L31.L30	0,2632	3,0798	0,8106
B	A//L41	0,1026	3,0306	0,3110
C	B.L29	0,2760	3,0114	0,8312
D	C//L40	0,1482	3,0061	0,4454
E	D.L28.L27	0,6164	3,0015	1,8500
F	E//S3	0,0030	9,8883	0,0295
G	F.L33.L34	0,4052	3,0508	1,2361
H	L38.L37.L36.L35	0,8438	3,0000	2,5314
I	H//L39	0,0248	3,0000	0,0745
J	I//G	0,0234	3,0029	0,0703
K	J.T	0,0284	4,2343	0,1203

Tabel 43. Perhitungan Load Point 31 (GE171)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S4.L32.L31.L30	0,2632	3,0798	0,8106
B	A//L41	0,1026	3,0306	0,3110
C	B.L29	0,2760	3,0114	0,8312
D	C//L40	0,1482	3,0061	0,4454
E	D.L28.L27	0,6164	3,0015	1,8500
F	E//S3	0,0030	9,8883	0,0295
G	F.L33.L34	0,4052	3,0508	1,2361
H	G//L39	0,0241	3,0030	0,0723
I	H.L35	0,2793	3,0003	0,8379
J	L38.L37.L36	0,5886	3,0000	1,7658
K	J//I	0,1894	3,0002	0,5683
L	K.T	0,1944	3,1802	0,6183

Tabel 44. Perhitungan Load Point 32 (GE106)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S4.L32.L31.L30	0,2632	3,0798	0,8106
B	A//L41	0,1026	3,0306	0,3110
C	B.L29	0,2760	3,0114	0,8312
D	C//L40	0,1482	3,0061	0,4454
E	D.L28.L27	0,6164	3,0015	1,8500
F	E//S3	0,0030	9,8883	0,0295
G	F.L33.L34	0,4052	3,0508	1,2361
H	G//L39	0,0241	3,0030	0,0723
I	H.L35.L36	0,5973	3,0001	1,7919
J	L38.L37	0,2706	3,0000	0,8118
K	J//I	0,1862	3,0000	0,5587
L	K.T	0,0050	10,0000	0,0500

Tabel 45. Perhitungan Load Point 33 (GE46)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S4.L32.L31.L30	0,2632	3,0798	0,8106
B	A//L41	0,1026	3,0306	0,3110
C	B.L29	0,2760	3,0114	0,8312
D	C//L40	0,1482	3,0061	0,4454
E	D.L28.L27	0,6164	3,0015	1,8500
F	E//S3	0,0030	9,8883	0,0295
G	F.L33.L34	0,4052	3,0508	1,2361
H	G//L39	0,0241	3,0030	0,0723
I	H.L35.L36.L37	0,7585	3,0001	2,2755
J	I//L38	0,0956	3,0000	0,2868
K	J.T	0,1006	3,3479	0,3368

Tabel 46. Perhitungan Load Point 34 (GE196)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S4.L32.L31.L30	0,2632	3,0798	0,8106
B	A//L41	0,1026	3,0306	0,3110
C	B.L29	0,2760	3,0114	0,8312
D	C//L40	0,1482	3,0061	0,4454
E	D.L28.L27	0,6164	3,0015	1,8500
F	E//S3	0,0030	9,8883	0,0295
G	F.L33.L34	0,4052	3,0508	1,2361
H	G//L39	0,0241	3,0030	0,0723
I	H.L35.L36.L37.38.T	0,8729	3,0402	2,6537

Tabel 47. Perhitungan Load Point 35 (GE321)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S4.L32.L31.L30	0,2632	3,0798	0,8106
B	A//L41	0,1026	3,0306	0,3110
C	B.L29	0,2760	3,0114	0,8312
D	C//L40	0,1482	3,0061	0,4454
E	D.L28.L27	0,6164	3,0015	1,8500
F	E//S3	0,0030	9,8883	0,0295
G	F.L33.L34	0,4052	3,0508	1,2361
H	L38.L37.L36.L35	0,8438	3,0000	2,5314
I	H//G	0,2737	3,0341	0,8306
J	I.L39.T	0,3043	3,1457	0,9574

Tabel 48. Perhitungan Load Point 36 (GE170)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	L38.L37.L36.L35	0,8438	3,0000	2,5314
B	A//L39	0,0248	3,0000	0,0745
C	B.L34.L33	0,4270	3,0000	1,2811
D	C//S3	0,0030	9,8398	0,0293
E	D.L27.L28	0,4712	3,0432	1,4339
F	S4.L32.L31.L30	0,2632	3,0798	0,8106
G	E//L41	0,1240	3,0113	0,3733
H	F.L29	0,4366	3,0481	1,3308
I	H//E	0,2266	3,0458	0,6902
J	I.L40.T	0,5514	3,0823	1,6996

Tabel 49. Perhitungan Load Point 37 (GE275)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	L38.L37.L36.L35	0,8438	3,0000	2,5314
B	A//L39	0,0248	3,0000	0,0745
C	B.L34.L33	0,4270	3,0000	1,2811
D	C//S3	0,0030	9,8398	0,0293
E	D.L27.L28	0,4712	3,0432	1,4339
F	E//L40	0,1905	3,0173	0,5748
G	F.L29	0,3639	3,0091	1,0950
H	S4.L32.L31.L30	0,2632	3,0798	0,8106
I	H//G	0,1527	3,0497	0,4658
J	I.L41.T	0,3259	3,1307	1,0204

Tabel 50. Nilai λ dan U pada Grup 4

Titik Beban	λ	U
LP24	0,1539	0,5002
LP25	0,1177	0,3898
LP26	0,0850	0,2922
LP27	1,0050	1,0500
LP28	0,0216	0,1186
LP29	0,0925	0,3228
LP30	0,0284	0,1203
LP31	0,1944	0,6183
LP32	0,0050	0,0500
LP33	0,1006	0,3368
LP34	0,8729	2,6537
LP35	0,3043	0,9574
LP36	0,5514	1,6996
LP37	0,3259	1,0204
Total	3,8587	10,1300

Tabel 51. Perhitungan λ dan U Grup 5

Peralatan	λ Peralatan (fault/thn/km)	Panjang Saluran (km)	λ (fault/tahun)	r (hour)	U (jam/tahun)
T	0,0050	-	0,0050	10	0,0500
S4	0,0030	-	0,0030	10	0,0300
S5	0,0030	-	0,0030	10	0,0300
L42	0,2000	2,1150	0,4230	3	1,2690
L43	0,2000	0,4920	0,0984	3	0,2952
L44	0,2000	2,0250	0,4050	3	1,2150
L45	0,2000	2,9730	0,5946	3	1,7838
L46	0,2000	0,1720	0,0344	3	0,1032
L47	0,2000	1,0290	0,2058	3	0,6174
L48	0,2000	1,9410	0,3882	3	1,1646
L49	0,2000	1,7620	0,3524	3	1,0572
L50	0,2000	1,1760	0,2352	3	0,7056
L51	0,2000	3,2700	0,6540	3	1,9620
L52	0,2000	2,3170	0,4634	3	1,3902

Tabel 52. Perhitungan Load Point 38 (GE78)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S5.L46.L45	0,6320	3,0332	1,9170
B	L52.L51.L50.L49.L48	2,0932	3,0000	6,2796
C	B//A	0,4854	3,0255	1,4687
D	C.L44.L43	0,9888	3,0125	2,9789
E	D//L47	0,1703	3,0021	0,5114
F	S4.L42	0,4260	3,0493	1,2990
G	F//E	0,1217	3,0155	0,3669
H	G.T	0,1267	3,2911	0,4169

Tabel 53. Perhitungan Load Point 39 (GE79)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S5.L46.L45	0,6320	3,0332	1,9170
B	L52.L51.L50.L49.L48	2,0932	3,0000	6,2796
C	B//A	0,4854	3,0255	1,4687
D	C.L44	0,8904	3,0139	2,6837
E	S4.L42	0,4260	3,0493	1,2990
F	E//L47	0,1388	3,0159	0,4185
G	F.L43	0,2372	3,0093	0,7137
H	G//D	0,1873	3,0103	0,5638
I	H.T	0,1923	3,1920	0,6138

Tabel 54. Perhitungan Load Point 40 (GE117)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S5.L46.L45	0,6320	3,0332	1,9170
B	L52.L51.L50.L49.L48	2,0932	3,0000	6,2796
C	B//A	0,4854	3,0255	1,4687
D	S4.L42	0,4260	3,0493	1,2990
E	D//L47	0,1388	3,0159	0,4185
F	E.L43.L44	0,6422	3,0034	1,9287
G	F//C	0,2765	3,0159	0,8338
H	G.T	0,2815	3,1400	0,8838

Tabel 55. Perhitungan Load Point 41 (GE304)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S4.L42	0,4260	3,0493	1,2990
B	A//L47	0,1388	3,0159	0,4185
C	B.L43.L44	0,6422	3,0034	1,9287
D	L52.L51.L50.L49.L48	2,0932	3,0000	6,2796
E	D//C	0,4914	3,0026	1,4755
F	E.L45	1,0860	3,0012	3,2593
G	S5.L46	0,0374	3,5615	0,1332
H	G//F	0,0362	3,5395	0,1280
I	H.T	0,0412	4,3244	0,1780

Tabel 56. Perhitungan Load Point 42 (GE279)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S5.L46.L45	0,6320	3,0332	1,9170
B	L52.L51.L50.L49.L48	2,0932	3,0000	6,2796
C	B//A	0,4854	3,0255	1,4687
D	C.L44.L43	0,9888	3,0125	2,9789
E	S4.L42	0,4260	3,0493	1,2990
F	E//D	0,2977	3,0381	0,9045
G	F.L47.T	0,5085	3,0911	1,5719

Tabel 57. Perhitungan Load Point 43 (GE119)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S4.L42	0,4260	3,0493	1,2990
B	A//L47	0,1388	3,0159	0,4185
C	B.L43.L44	0,6422	3,0034	1,9287
D	S5.L46.L45	0,6320	3,0332	1,9170
E	D//C	0,3185	3,0184	0,9614
F	E.L48	0,7067	3,0083	2,1260
G	L52.L51.L50.L49	1,7050	3,0000	5,1150
H	G//F	0,4996	3,0059	1,5018
I	H.T	0,5046	3,0752	1,5518

Tabel 58. Perhitungan Load Point 44 (GE120)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S4.L42	0,4260	3,0493	1,2990
B	A//L47	0,1388	3,0159	0,4185
C	B.L43.L44	0,6422	3,0034	1,9287
D	S5.L46.L45	0,6320	3,0332	1,9170
E	D//C	0,3185	3,0184	0,9614
F	E.L48.L49	1,0591	3,0055	3,1832
G	L52.L51.L50	1,3526	3,0000	4,0578
H	G//F	0,5940	3,0031	1,7838
I	H.T	0,5990	3,0615	1,8338

Tabel 59. Perhitungan Load Point 45 (GE121)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S4.L42	0,4260	3,0493	1,2990
B	A//L47	0,1388	3,0159	0,4185
C	B.L43.L44	0,6422	3,0034	1,9287
D	S5.L46.L45	0,6320	3,0332	1,9170
E	D//C	0,3185	3,0184	0,9614
F	E.L48.L49.L50	1,2943	3,0045	3,8888
G	L52.L51	1,1174	3,0000	3,3522
H	G//F	0,5997	3,0021	1,8003
I	H.T	0,6047	3,0600	1,8503

Tabel 60. Perhitungan Load Point 46 (GE224)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S4.L42	0,4260	3,0493	1,2990
B	A//L47	0,1388	3,0159	0,4185
C	B.L43.L44	0,6422	3,0034	1,9287
D	S5.L46.L45	0,6320	3,0332	1,9170
E	D//C	0,3185	3,0184	0,9614
F	E.L48.L49.L50.L51	1,9483	3,0030	5,8508
G	F//L52	0,3744	3,0006	1,1233
H	G.T	0,3794	3,0928	1,1733

Tabel 61. Perhitungan Load Point 47 (GE251)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S4.L42	0,4260	3,0493	1,2990
B	A//L47	0,1388	3,0159	0,4185
C	B.L43.L44	0,6422	3,0034	1,9287
D	S5.L46.L45	0,6320	3,0332	1,9170
E	D//C	0,3185	3,0184	0,9614
F	E.L48.L49.L50.L51.L52	2,4117	3,0024	7,2410

Tabel 62. Nilai λ dan U pada Grup 5

Titik Beban	λ	U
LP38	0,1267	0,4169
LP39	0,1923	0,6138
LP40	0,2815	0,8838
LP41	0,0412	0,1780
LP42	0,5085	1,5719
LP43	0,5046	1,5518
LP44	0,5990	1,8338
LP45	0,6047	1,8503
LP46	0,3794	1,1733
LP47	2,4117	7,2410
Total	5,6495	17,3147

Tabel 63. Perhitungan λ dan U Grup 6

Peralatan	λ Peralatan (fault/thn/km)	Panjang Saluran (km)	λ (fault/tahun)	r (hour)	U (jam/tahun)
T	0,0050	-	0,0050	10	0,0500
S5	0,0030	-	0,0030	10	0,0300
S6	0,0030	-	0,0030	10	0,0300
L53	0,2000	0,9510	0,1902	3	0,5706
L54	0,2000	0,2400	0,0480	3	0,1440
L55	0,2000	0,2440	0,0488	3	0,1464
L56	0,2000	1,8580	0,3716	3	1,1148
L57	0,2000	0,7180	0,1436	3	0,4308

Tabel 64. Perhitungan Load Point 48 (GE53)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S6.L55.L54	0,0998	3,2104	0,3204
B	L57.L56	0,5152	3,0000	1,5456
C	B//S5	0,0030	9,8667	0,0294
D	C.L53	0,1932	3,1060	0,6000
E	D//A	0,0658	3,1741	0,2089
F	E.T	0,0708	3,6561	0,2589

Tabel 65. Perhitungan Load Point 49 (GE249)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S6.L55	0,0518	3,4054	0,1764
B	L57.L56	0,5152	3,0000	1,5456
C	B/S5	0,0030	9,8667	0,0294
D	C.L53.L54	0,2412	3,0849	0,7440
E	D//A	0,0426	3,3440	0,1426
F	E.T	0,0476	4,0425	0,1926

Tabel 66. Perhitungan Load Point 50 (GE54)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S6.L55.L54.L53	0,2900	3,0724	0,8910
B	A//S5	0,0030	9,7743	0,0290
C	B.L56	0,3746	3,0537	1,1438
D	C//L57	0,1038	3,0147	0,3129
E	D.T	0,1088	3,3357	0,3629

Tabel 67. Perhitungan Load Point 51 (GE55)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S6.L55.L54.L53	0,2900	3,0724	0,8910
B	A//S5	0,0030	9,7743	0,0290
C	B.L56.L57.T	0,5232	3,1053	1,6246

Tabel 68. Nilai λ dan U pada Grup 6

Titik Beban	λ	U
LP48	0,0708	0,2589
LP49	0,0476	0,1926
LP50	0,1088	0,3629
LP51	0,5232	1,6246
Total	0,7504	2,4390

Tabel 69. Perhitungan λ dan U Grup 7

Peralatan	λ Peralatan (fault/thn/km)	Panjang Saluran (km)	λ (fault/tahun)	r (hour)	U (jam/tahun)
T	0,0050	-	0,0050	10	0,0500
S6	0,0030	-	0,0030	10	0,0300
S7	0,0030	-	0,0030	10	0,0300
L58	0,2000	0,1110	0,0222	3	0,0666
L59	0,2000	1,5950	0,3190	3	0,9570
L60	0,2000	0,2060	0,0412	3	0,1236
L61	0,2000	0,3680	0,0736	3	0,2208
L62	0,2000	0,6420	0,1284	3	0,3852
L63	0,2000	0,3000	0,0600	3	0,1800
L64	0,2000	0,1030	0,0206	3	0,0618
L65	0,2000	1,7290	0,3458	3	1,0374
L66	0,2000	0,6430	0,1286	3	0,3858
L67	0,2000	0,2810	0,0562	3	0,1686

Tabel 70. Perhitungan Load Point 52 (GE203)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S7.L64.L63.L62.L61.L60.L59	0,6458	3,0325	1,9584
B	L67.L66.L65	0,5306	3,0000	1,5918
C	B//C	0,2913	3,0146	0,8781
D	S6.L58	0,0252	3,8333	0,0966
E	D//C	0,0232	3,7522	0,0870
F	E.T	0,0282	4,8602	0,1370

Tabel 71. Perhitungan Load Point 53 (GE257)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S7.L64.L63.L62.L61.L60	0,3268	3,0643	1,0014
B	L67.L66.L65	0,5306	3,0000	1,5918
C	S6.L58	0,0252	3,8333	0,0966
D	C//B	0,0241	3,7857	0,0911
E	D.L59	0,3431	3,0551	1,0481
F	E//A	0,1674	3,0598	0,5121
G	F.T	0,1724	3,2611	0,5621

Tabel 72. Perhitungan Load Point 54 (GE144)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S7.L64.L63.L62.L61	0,2856	3,0735	0,8778
B	L67.L66.L65	0,5306	3,0000	1,5918
C	S6.L58	0,0252	3,8333	0,0966
D	C//B	0,0241	3,7857	0,0911
E	D.L59.L60	0,3843	3,0492	1,1717
F	E//A	0,2229	3,0283	0,6749
G	F.T	0,2279	3,1813	0,7249

Tabel 73. Perhitungan Load Point 55 (GE221)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S7.L64.L63.L62	0,2120	3,0991	0,6570
B	L67.L66.L65	0,5306	3,0000	1,5918
C	S6.L58	0,0252	3,8333	0,0966
D	C//B	0,0241	3,7857	0,0911
E	D.L59.L60.61	0,4579	3,0413	1,3925
F	E//A	0,1449	3,0805	0,4464
G	F.T	0,1499	3,3113	0,4964

Tabel 74. Perhitungan Load Point 56 (GE115)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S7.L64.L63	0,0836	3,2512	0,2718
B	L67.L66.L65	0,5306	3,0000	1,5918
C	S6.L58	0,0252	3,8333	0,0966
D	C//B	0,0241	3,7857	0,0911
E	D.L59.L60.61.L62	0,5863	3,0322	1,7777
F	E//A	0,0732	3,2222	0,2358
G	F.T	0,0782	3,6557	0,2858

Tabel 75. Perhitungan Load Point 57 (GE283)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S7.L64	0,0236	3,8898	0,0918
B	L67.L66.L65	0,5306	3,0000	1,5918
C	S6.L58	0,0252	3,8333	0,0966
D	C//B	0,0241	3,7857	0,0911
E	D.L59.L60.61.L62.L63	0,6463	3,0292	1,9577
F	E//A	0,0228	3,8513	0,0877
G	F.T	0,0278	4,9584	0,1377

Tabel 76. Perhitungan Load Point 58 (GE235)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S7.L64.L63.L62.L61.L60.L59	0,6458	3,0325	1,9584
B	S6.L58	0,0252	3,8333	0,0966
C	B//A	0,0243	3,7957	0,0921
D	C.L65	0,3701	3,0522	1,1295
E	L67.L66	0,1848	3,0000	0,5544
F	E//D	0,1233	3,0172	0,3719
G	F.T	0,1283	3,2894	0,4219

Tabel 77. Perhitungan Load Point 59 (GE190)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S7.L64.L63.L62.L61.L60.L59	0,6458	3,0325	1,9584
B	S6.L58	0,0252	3,8333	0,0966
C	B//A	0,0243	3,7957	0,0921
D	C.L65.L66	0,3907	3,0494	1,1913
E	D//L67	0,0491	3,0061	0,1477
F	E.T	0,0541	3,6521	0,1977

Tabel 78. Perhitungan Load Point 60 (GE190)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	S7.L64.L63.L62.L61.L60.L59	0,6458	3,0325	1,9584
B	S6.L58	0,0252	3,8333	0,0966
C	B//A	0,0243	3,7957	0,0921
D	C.L65.L66.L67.T	0,5599	3,0970	1,7339

Tabel 79. Nilai λ dan U pada Grup 7

Titik Beban	λ	U
LP52	0,0282	0,1370
LP53	0,1724	0,5621
LP54	0,2279	0,7249
LP55	0,1499	0,4964
LP56	0,0782	0,2858
LP57	0,0278	0,1377
LP58	0,1283	0,4219
LP59	0,0541	0,1977
LP60	0,5599	1,7339
Total	1,4265	4,6973

Tabel 80. Perhitungan λ dan U Grup 8

Peralatan	λ Peralatan (fault/thn/km)	Panjang Saluran (km)	λ (fault/tahun)	r (hour)	U (jam/tahun)
T	0,0050	-	0,0050	10	0,0500
S7	0,0030	-	0,0030	10	0,0300
L68	0,2000	1,8340	0,3668	3	1,1004
L69	0,2000	1,6930	0,3386	3	1,0158
L70	0,2000	2,6850	0,5370	3	1,6110
L71	0,2000	1,7690	0,3538	3	1,0614
L72	0,2000	0,5850	0,1170	3	0,3510
L73	0,2000	0,8170	0,1634	3	0,4902
L74	0,2000	1,2930	0,2586	3	0,7758
L75	0,2000	1,4330	0,2866	3	0,8598
L76	0,2000	2,3770	0,4754	3	1,4262
L77	0,2000	2,3790	0,4758	3	1,4274
L78	0,2000	1,6250	0,3250	3	0,9750
L79	0,2000	2,2480	0,4496	3	1,3488
L80	0,2000	1,1500	0,2300	3	0,6900

Tabel 81. Perhitungan Load Point 61 (GE254)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	L73.L72	0,2804	3,0000	0,8412
B	A//L74	0,1345	3,0000	0,4036
C	B.L71.L70.L69	1,3639	3,0000	4,0918
D	L79/L80	0,1522	3,8804	0,5904
E	D.L78.L77.L76.L75	1,7150	3,0781	5,2788
F	E//C	0,7597	3,0341	2,3051
G	S7.L68	0,3698	3,0568	1,1304
H	G//F	0,2487	3,0493	0,7585
I	H.T	0,2537	3,1863	0,8085

Tabel 82. Perhitungan Load Point 62 (GE232)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	L73.L72	0,2804	3,0000	0,8412
B	A//L74	0,1345	3,0000	0,4036
C	B.L71.L70	1,0253	3,0000	3,0760
D	L79/L80	0,1522	3,8804	0,5904
E	D.L78.L77.L76.L75	1,7150	3,0781	5,2788
F	S7.L68	0,3698	3,0568	1,1304
G	F//E	0,3042	3,0605	0,9310
H	G.L69	0,6428	3,0287	1,9468
I	H//C	0,3951	3,0175	1,1922
J	I.T	0,4001	3,1048	1,2422

Tabel 83. Perhitungan Load Point 63 (GE48)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	L73.L72	0,2804	3,0000	0,8412
B	A//L74	0,1345	3,0000	0,4036
C	B.L71	0,4883	3,0000	1,4650
D	L79/L80	0,1522	3,8804	0,5904
E	D.L78.L77.L76.L75	1,7150	3,0781	5,2788
F	S7.L68	0,3698	3,0568	1,1304
G	F//E	0,3042	3,0605	0,9310
H	G.L69.L70	1,1798	3,0156	3,5578
I	H//C	0,3454	3,0046	1,0377
J	I.T	0,3504	3,1044	1,0877

Tabel 84. Perhitungan Load Point 64 (GE127)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	L73.L72	0,2804	3,0000	0,8412
B	A//L74	0,1345	3,0000	0,4036
C	L79/L80	0,1522	3,0000	0,4565
D	C.L78.L77.L76.L75	1,7150	3,0000	5,1449
E	S7.L68	0,3698	3,0568	1,1304
F	E//D	0,3042	3,0466	0,9268
G	G.L69.L70.L71	1,5336	3,0092	4,6150
H	G//B	0,1237	3,0007	0,3711
I	H.T	0,1287	3,2727	0,4211

Tabel 85. Perhitungan Load Point 65 (GE128)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	L79/L80	0,1522	3,0000	0,4565
B	B.L78.L77.L76.L75	1,7150	3,0000	5,1449
C	S7.L68	0,3698	3,0568	1,1304
D	C//B	0,3042	3,0466	0,9268
E	D.L69.L70.L71	1,5336	3,0092	4,6150
F	E//L74	0,2213	3,0013	0,6642
G	F.L72	0,3383	3,0009	1,0152
H	G//L73	0,1102	3,0003	0,3306
I	H.T	0,1152	3,3041	0,3806

Tabel 86. Perhitungan Load Point 66 (GE129)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	L79/L80	0,1522	3,0000	0,4565
B	B.L78.L77.L76.L75	1,7150	3,0000	5,1449
C	S7.L68	0,3698	3,0568	1,1304
D	C//B	0,3042	3,0466	0,9268
E	D.L69.L70.L71	1,5336	3,0092	4,6150
F	E//L74	0,2213	3,0013	0,6642
G	F.L72.L73.T	0,5067	3,0697	1,5554

Tabel 87. Perhitungan Load Point 67 (GE130)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	L73.L72	0,2804	3,0000	0,8412
B	A//L74	0,1345	3,0000	0,4036
C	B.L71.L70.L69	1,3639	3,0000	4,0918
D	S7.L68	0,3698	3,0568	1,1304
E	D//C	0,2909	3,0445	0,8857
F	E.L75	0,5775	3,0224	1,7455
G	L79/L80	0,1522	3,0000	0,4565
H	G.L78.L77.L76	1,4284	3,0000	4,2851
I	H//F	0,4112	3,0159	1,2403
J	I.T	0,4162	3,0998	1,2903

Tabel 88. Perhitungan Load Point 68 (GE131)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	L73.L72	0,2804	3,0000	0,8412
B	A//L74	0,1345	3,0000	0,4036
C	B.L71.L70.L69	1,3639	3,0000	4,0918
D	S7.L68	0,3698	3,0568	1,1304
E	D//C	0,2909	3,0445	0,8857
F	E.L75.L76	1,0529	3,0123	3,1717
G	L79/L80	0,1522	3,0000	0,4565
H	G.L78.L77	0,9530	3,0000	2,8589
I	H//F	0,5002	3,0058	1,5036
J	I.T	0,5052	3,0750	1,5536

Tabel 89. Perhitungan Load Point 69 (GE178)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	L73.L72	0,2804	3,0000	0,8412
B	A//L74	0,1345	3,0000	0,4036
C	B.L71.L70.L69	1,3639	3,0000	4,0918
D	S7.L68	0,3698	3,0568	1,1304
E	D//C	0,2909	3,0445	0,8857
F	E.L75.L76.L77	1,5287	3,0085	4,5991
G	L79/L80	0,1522	3,0000	0,4565
H	G.L78	0,4772	3,0000	1,4315
I	H//F	0,3637	3,0020	1,0917
J	I.T	0,3687	3,0969	1,1417

Tabel 90. Perhitungan Load Point 70 (GE132)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	L73.L72	0,2804	3,0000	0,8412
B	A//L74	0,1345	3,0000	0,4036
C	B.L71.L70.L69	1,3639	3,0000	4,0918
D	S7.L68	0,3698	3,0568	1,1304
E	D//C	0,2909	3,0445	0,8857
F	E.L75.L76.L77.L78	1,8537	3,0070	5,5741
G	L79/L80	0,1522	3,0000	0,4565
H	G//F	0,1406	3,0005	0,4219
I	H.T	0,1456	3,2409	0,4719

Tabel 91. Perhitungan Load Point 71 (GE150)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	L73.L72	0,2804	3,0000	0,8412
B	A//L74	0,1345	3,0000	0,4036
C	B.L71.L70.L69	1,3639	3,0000	4,0918
D	S7.L68	0,3698	3,0568	1,1304
E	D//C	0,2909	3,0445	0,8857
F	E.L75.L76.L77.L78	1,8537	3,0070	5,5741
G	F//L80	0,2046	3,0008	0,6140
H	G.L79	0,6542	3,0002	1,9628
I	H.T	0,6592	3,0533	2,0128

Tabel 92. Perhitungan Load Point 72 (GE188)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	L73.L72	0,2804	3,0000	0,8412
B	A//L74	0,1345	3,0000	0,4036
C	B.L71.L70.L69	1,3639	3,0000	4,0918
D	S7.L68	0,3698	3,0568	1,1304
E	D//C	0,2909	3,0445	0,8857
F	E.L75.L76.L77.L78	1,8537	3,0070	5,5741
G	F//L.79	0,3618	3,0014	1,0860
H	G.L80	0,5918	3,0008	1,7760
I	H.T	0,5968	3,0595	1,8260

Tabel 93. Perhitungan Load Point 73 (GE271)

Kode	Perhitungan	λ	r	U
A	L79/L80	0,1522	3,0000	0,4565
B	A.L78.L77.L76.L75	1,7150	3,0781	5,2788
C	S7.L68	0,3698	3,0568	1,1304
D	C//B	0,3042	3,0605	0,9310
E	D.L69.L70.L71	1,5336	3,0120	4,6192
F	L73.L72	0,2804	3,0000	0,8412
G	F//E	0,2371	3,0019	0,7116
H	G.L74.T	0,2421	3,1464	0,7616

Tabel 94. Nilai λ dan U pada Grup 8

Titik Beban	λ	U
LP61	0,2537	0,8085
LP62	0,4001	1,2422
LP63	0,3504	1,0877
LP64	0,1287	0,4211
LP65	0,1152	0,3806
LP66	0,5067	1,5554
LP67	0,4162	1,2903
LP68	0,5052	1,5536
LP69	0,3687	1,1417
LP70	0,1456	0,4719
LP71	0,6592	2,0128
LP72	0,5968	1,8260
LP73	0,2421	0,7616
Total	4,6886	14,5534

5. Perhitungan SAIDI dan SAIFI

Grup	N	Ni	λ	U	SAIFI	SAIDI
1	26965	2275	3,4154	10,6243	0,2882	0,8964
2	3773	3773	3,1240	9,7095	3,1240	9,7095
3	26965	1728	2,3098	7,2159	0,1480	0,4624
4	26965	6085	3,8586	10,1301	0,8707	2,2860
5	26965	4526	5,6496	17,3146	0,9483	2,9062
6	26965	1708	0,7504	2,4390	0,0475	0,1545
7	26965	2893	1,4267	4,6974	0,1531	0,5040
8	26965	3977	4,6886	14,5534	0,6915	2,1464
Total					6,2713	19,0654

6. SPLN 59 Tahun 1985

SPLN 59: 1985

KEANDALAN PADA SISTEM DISTRIBUSI 20 KV DAN 6 KV

Pendahuluan

Spesifikasi ini menguraikan tingkat keandalan beberapa sistem distribusi, yaitu:

1. SUTM sistem radial (6 atau 20 kV);
2. SUTM sistem radial dengan satu PSO (Pemutus Seksi Otomatik) atau PBO (Pemutus Beban Otomatik) di tengah-tengah (20 kV);
3. SKTM sistem spindel (20 kV);
4. SKTM sistem spindel (20 kV) dengan PPJD (Pusat Pengatur Jaringan Distribusi);
5. SKTM sistem spot network (20 kV/Tegangan Rendah).

Dari kelima sistem tersebut di atas dapat dikembangkan beberapa variasi antara lain:

1. Sistem Loop sebagai variasi dari sistem no. 1 atau 2;
2. Sistem Tie Line sebagai variasi dari sistem no. 1 dan 2;
3. Sistem Gugus sebagai variasi dari sistem no. 3.

Uraian ini dilaksanakan dengan mengadakan beberapa asumsi. Hasil uraian tersebut dapat dilihat pada Tabel II.

Pasal Tiga menjelaskan definisi dari istilah-istilah yang penting untuk uraian keandalan, yang tidak saja menguraikan tingkat keandalan sistem distribusi, tetapi juga menguraikan keandalan pada umumnya.

Walaupun SKTM sistem spot network memiliki keandalan yang paling tinggi, tetapi sistem ini tidak direkomendasikan pemakaiannya di Indonesia mengingat:

- a. keandalan setinggi itu tidak/belum diperlukan;
- b. untuk meningkatkan keandalan pelayanan konsumen dapat menggunakan pembangkit darurat.

Sebagai contoh, tempat-tempat banyak orang berkumpul, perlu ada suplai atau pembangkit darurat a.l. untuk:

- penerangan darurat;
- lift.

SPLN 59: 1985

**KEANDALAN PADA SISTEM
DISTRIBUSI 20 KV DAN 6 KV****Pasal Satu
Ruang Lingkup dan Tujuan****1. Ruang Lingkup**

Standar ini dimaksudkan untuk menjelaskan dan menetapkan tingkat keandalan sistem distribusi tenaga listrik.

2. Tujuan

Tujuannya ialah untuk memberikan pegangan yang terarah dalam menilai penampilan dan menentukan tingkat keandalan dari sistem distribusi dan juga sebagai tolok ukur terhadap kemajuan atau menentukan proyeksi yang akan dicapai PLN.

**Pasal Dua
Dasar Pertimbangan****3. Tingkat Pertumbuhan Kelistrikan**

Sesuai dengan tingkat pertumbuhan kelistrikan di Indonesia, maka PLN tidak saja berusaha memenuhi permintaan daya yang meningkat, akan tetapi juga memperbaiki mutu keandalan pelayanan. Sejalan dengan itu perlu dikembangkan suatu cara penilaian terhadap keandalan mutu pelayanan.

4. Mutu Pelayanan

Mutu pelayanan antara lain tergantung dari lamanya pemadaman dan kerapnya pemadaman yang terjadi.

5. Laporan Gangguan

Untuk memenuhi mutu pelayanan sebagaimana tercantum pada Ayat 3 dan 4, maka diperlukan data atau laporan tentang sebab-sebab pemadaman tersebut.

SPLN 59: 1985

Data laporan sebab-sebab pemadaman didapat dari "Laporan Gangguan" yang biasanya disusun di PLN-PLN Cabang.

Maksud dan tujuan dari data atau laporan pemadaman ini adalah sebagai berikut:

- 5.1 Membantu menyusun laporan gangguan secara sistematis, sehingga bila ada panggilan pemulihan pemadaman, semua informasi yang diperlukan sudah tersedia.
- 5.2 Mengumpulkan macam-macam laporan dari gangguan yang sama dalam suatu urutan untuk mempermudah pekerjaan.
- 5.3 Menyusun data penyebab gangguan dan pemadaman yang terjadi (lamanya, frekuensi, jenis) sebagai bahan untuk perencanaan sistem dengan keandalan pelayanan yang lebih baik pada waktu yang akan datang.
- 5.4 Memberi informasi yang dibutuhkan oleh bagian pelayanan.
- 5.5 Menanggapi pengaduan dari konsumen.

Pasal Tiga
Definisi

6. Pemadaman (Interruption of Supply)

Terhentinya pelayanan pada satu atau lebih konsumen, akibat dari satu atau lebih komponen mendapat gangguan.

7. Keluar (Outage)

Keadaan dimana suatu komponen tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya, diakibatkan karena beberapa peristiwa yang berhubungan dengan komponen tersebut.

Suatu keluar dapat atau tidak dapat menyebabkan pemadaman, hal ini masih tergantung pada konfigurasi dari sistem.

8. Lama Keluar (Outage duration)

Periode dari saat permulaan komponen mengalami keluar sampai saat komponen dapat dioperasikan kembali sesuai dengan fungsinya.

SPLN 59: 1985

- 9. Lama Keluar Paksa Transien (Transient Forced Outage Duration)**
Waktu singkat, karena alat pemutus mampu bekerja menutup kembali dengan cepat, tanpa merusak komponen.
- 10. Lama Keluar Paksa Permanen (Permanent Forced Outage Duration)**
Waktu yang diperlukan dari saat permulaan komponen mengalami keluar sampai komponen mendapat perbaikan.
- 11. Lama Keluar Terencana (Scheduled Outage Duration)**
Waktu yang diperlukan untuk perawatan dan pemeliharaan yang telah direncanakan.
- 12. Lama Pemadaman (Interruption Duration)**
Waktu dari saat permulaan terjadinya pemadaman sampai saat menyala kembali. Adapun yang dianggap pemadaman dalam Pasal Empat dan lampiran-lampirannya adalah pemadaman sebagai akibat kegagalan menetap baik yang darurat maupun terencana.
- 13. Kegagalan Parsial (Partial Failure)**
Kegagalan parsial menggambarkan kondisi sebuah komponen yang bekerjanya tidak bisa sama dengan kemampuan yang semestinya tetapi tidak berarti tidak bisa bekerja sama sekali.
- 14. Kegagalan Total (Complete Failure)**
Kegagalan total, menggambarkan kondisi sebuah komponen yang sama sekali tidak bisa bekerja.
- 15. Keluar Paksa Transien (Transient Forced Outage)**
Keluar yang penyebabnya bisa hilang dengan sendirinya, sehingga alat atau komponen yang gagal tersebut bisa berfungsi normal kembali bisa secara otomatis atau setelah sebuah pemutus ditutup lagi, atau pelebur diganti. Contoh keluar darurat transien ialah sambaran petir yang tidak menyebabkan alat atau komponen mengalami kerusakan.

SPLN 59: 1985

16. Keluar Paksa Permanen (Permanent Force Outage)

Keluar yang penyebabnya tidak bisa hilang dengan sendirinya, tetapi harus dihilangkan terlebih dahulu atau komponen yang keluar harus diganti atau diperbaiki sebelum komponen tersebut bisa digunakan kembali.

Contoh keluar paksa permanen ialah sambaran petir, yang menyebabkan pecahnya isolator sehingga baru dapat berfungsi kembali sesudah isolator diganti.

17. Pemadaman Paksa (Forced Interruption)

Pemadaman yang disebabkan oleh keluar darurat.

18. Pemadaman Terencana (Scheduled Interruption)

Pemadaman yang disebabkan oleh keluar terencana.

19. Pemadaman Sejenak (Momentary Interruption)

Pemadaman yang waktunya terbatas diperlukan hanya untuk mengembalikan suplai dengan cara otomatis, dengan cara pengaturan jarak jauh atau dengan cara manual yang langsung dikerjakan oleh operator yang sudah siap di tempat. Pemadaman ini biasanya memerlukan waktu tidak lebih dari 5 menit.

20. Pemadaman Temporer (Temporary Interruption)

Pemadaman yang waktunya terbatas diperlukan hanya untuk mengembalikan suplai dengan cara manual yang dikerjakan oleh operator yang tidak siap di tempat. Pemadaman ini biasanya memerlukan waktu 1-2 jam.

21. Pemadaman Bertahan (Sustained Interruption)

Pemadaman yang bukan pemadaman sejenak, dan juga bukan pemadaman temporer.

Pasal Empat
Indeks Keandalan

22. Indeks Keandalan

Suatu besaran untuk membandingkan penampilan sistem distribusi. Dua indeks keandalan yang paling sering digunakan dalam sistem distribusi adalah indeks frekuensi pemadaman rata-rata (f) dan indeks lama pemadaman rata-rata (d).

23. Indeks Frekuensi Pemadaman Rata-Rata

Jumlah konsumen yang mengalami pemadaman dalam satu tahun dibagi dengan jumlah konsumen yang dilayani.

$$f = \frac{\sum_{i=1}^m C_i}{N} \quad \frac{\text{pemadaman}}{\text{tahun}}$$

dimana: m = Jumlah pemadaman dalam satu tahun
 C_i = jumlah konsumen yang mengalami pemadaman
 N = jumlah konsumen yang dilayani.

Indeks keandalan ini dapat juga dihitung dari angka keluar komponen yang menyebabkan pemadaman.

$$f = \sum_{i=1}^n C_i X_i \quad \frac{\text{pemadaman}}{\text{tahun}}$$

dimana: i = angka keluar komponen yang menyebabkan pemadaman (indeks dari komponen)

X_i = panjang penyulang atau unit komponen

C_i = jumlah konsumen per unit yang mengalami pemadaman

n = banyaknya komponen yang keluar yang menyebabkan pemadaman.

24. Indeks Lama Pemadaman Rata-Rata

Jumlah lamanya pemadaman yang dialami konsumen dalam satu tahun, dibagi dengan jumlah konsumen yang dilayani.

$$d = \frac{\sum_{i=1}^m C_i t_i}{N} \quad \frac{\text{jam}}{\text{tahun}}$$

SPLN 59: 1985

dimana: m = jumlah pemadaman dalam satu tahun
 t_1 = lamanya tiap-tiap pemadaman
 C_1 = jumlah konsumen yang mengalami pemadaman
 C = jumlah konsumen yang dilayani.

Indeks keandalan ini dapat juga dihitung dari angka keluar komponen yang menyebabkan pemadaman dan waktu pemulihan pelayanan.

$$d = \sum_{i=1}^n X_i \lambda_i \left(\sum_{j=1}^m C_{ij} t_{ij} \right) \frac{\text{jam}}{\text{tahun}}$$

dimana: λ_i = angka keluar komponen yang menyebabkan pemadaman
 X_i = panjang penyulang atau jumlah unit komponen
 n_i = jumlah komponen yang keluar yang menyebabkan pemadaman
 m_i = jumlah dari fungsi kerja yang terlibat dalam pemulihan pelayanan
 C_{ij} = jumlah konsumen per unit yang mengalami pemadaman selama langkah demi langkah dari operasi kerja
 (j = indeks dari operasi kerja)
 t_{ij} = waktu yang diperlukan dalam langkah demi langkah dari operasi-kerja pemulihan pelayanan.

SPLN 59: 1985

Tabel I
Perkiraan Angka Keluar
Komponen Sistem Distribusi

Komponen	Angka Keluar *)
Saluran udara	0,2/km/tahun
Kabel saluran bawah tanah	0,07/km/tahun
Pemutus tenaga	0,004/unit/tahun
Sakelar beban	0,003/unit/tahun
Sakelar pisah	0,003/unit/tahun
Penutup balik	0,005/unit/tahun
Penyambung kabel	0,001/unit/tahun
Trafo distribusi	0,005/unit/tahun
Pelindung jaringan	0,005/unit/tahun
Rel tegangan rendah (untuk sistem spot network)	0,001/unit/tahun

*)
Satuan dalam kali/km/tahun atau kali/unit/tahun.

SPLN 59: 1985

Tabel II
Contoh Waktu Operasi Kerja dan Pemulihan Pelayanan

Operasi kerja	Waktu/jam
A Menerima panggilan adanya pemadaman dan waktu yang dibutuhkan untuk perjalanan ke G.I.	0,5
A Menerima panggilan adanya pemadaman dan waktu yang dibutuhkan untuk perjalanan ke alat penutup kembali	1,0
B Waktu yang dibutuhkan untuk sampai dari satu gardu ke gardu berikutnya	0,16
B Waktu yang dibutuhkan untuk sampai dari satu gardu ke gardu berikutnya untuk sistem spot network	0,2
C Waktu yang dibutuhkan untuk memeriksa indikator gangguan (hanya untuk sistem spindle)	0,083
D Waktu yang dibutuhkan untuk membuka/menutup pemutus tenaga atau penutup kembali	0,25
E Waktu yang dibutuhkan untuk membuka/menutup sakelar beban atau sakelar pisah	0,15
F Waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki kawat penghantar udara	3
G Waktu yang dibutuhkan untuk mencari lokasi gangguan pada kabel bawah tanah	5
H Waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki kabel saluran bawah tanah	10
I Waktu yang dibutuhkan untuk mengganti/memperbaiki pemutus tenaga, sakelar beban, penutup kembali atau sakelar pisah	10
J Waktu yang dibutuhkan untuk mengganti penyambung kabel (bulusan) untuk kabel yang berisolasi kertas	15
K Waktu yang dibutuhkan untuk mengganti trafo distribusi	10
L Waktu yang dibutuhkan untuk mengganti pelindung jaringan	10
M Waktu yang dibutuhkan untuk mengganti/memperbaiki bus tegangan rendah	10

SPLN 59: 1985

Tabel III
Contoh Waktu Operasi Kerja dan Pemulihan Pelayanan
Untuk Sistem Spindle Dengan Pusat Pengaturan Jaringan Distribusi

Operasi kerja	Waktu/jam
A Waktu yang dibutuhkan oleh operator dari saat mengetahui adanya gangguan sampai gangguan diisolir dan pemulihan pelayanan di daerah depan/belakang gardu tengah	0,1
B Waktu yang dibutuhkan oleh petugas gangguan dari saat adanya laporan gangguan dan perjalanan ke G.L.	0,5
B Waktu yang dibutuhkan oleh petugas gangguan dari saat adanya laporan gangguan dan perjalanan ke gardu tengah	1,0
C Waktu yang dibutuhkan untuk sampai dari satu gardu ke gardu berikutnya	0,05
D Waktu yang dibutuhkan untuk memeriksa indikator gangguan	0,083
E Waktu yang dibutuhkan untuk membuka/menutup sakelar beban (tidak termasuk sakelar beban di gardu tengah)	0,15
F Waktu yang dibutuhkan untuk mencari lokasi gangguan pada kabel bawah tanah	5
G Waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki kabel saluran bawah tanah	15
H Waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki pemutus tenaga atau sakelar beban	10
I Waktu yang dibutuhkan untuk mengganti penyambung kabel (bulusan) untuk kabel yang berisolasi kertas	15
J Waktu yang dibutuhkan untuk mengganti trafo distribusi	10