



**OPTIMISASI PENEMPATAN *RECLOSER* PADA PENYULANG  
RAMBIPUJI GARDU INDUK JEMBER MENGGUNAKAN METODE  
OPTIMASI ALGORITMA KOLONI SEMUT**

**SKRIPSI**

Oleh:

**Muhammad Aria Ghosal**

**141910201015**

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



**OPTIMASASI PENEMPATAN *RECLOSER* PADA PENYULANG  
RAMBIPUJI GARDU INDUK JEMBER MENGGUNAKAN METODE  
OPTIMASI ALGORITMA KOLONI SEMUT**

**SKRIPSI**

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

Oleh:

**Muhammad Aria Ghosal**

**141910201015**

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

## PERSEMBAHAN

Syukur Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Optimasi Penempatan *Recloser* Pada Penyulang Rambipuji Gardu Induk Jember Menggunakan Metode Optimasi Algoritma Koloni Semut” dan skripsi ini merupakan gerbang awal dalam mencapai kesuksesan yang lebih baik lagi. Oleh karena itu, saya ingin mempersembahkan karya sederhana ini kepada :

1. Allah SWT, Tuhan yang bergantung kepada-Nya segala sesuatu.
2. Nabi Muhammad SAW, utusan Allah SWT untuk menjadi pedoman manusia.
3. Ayahanda Nurkanin dan Ibunda Niswatin tercinta, yang telah mendidik, yang telah memberikan kasih sayang serta pengorbanan yang tidak terhingga selama ini.
4. Semua Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah membimbing dan memberikan ilmu. Terutama Dosen Pembimbing Bapak Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T. dan bapak Dr. Triwahju Hardianto, ST.,MT, terimakasih atas kesabaran dan ketekunan dalam membimbing saya.
5. Akhmad Nur Fauzi banggakan, hadirimu memberi semangat baru untuk senantiasa berusaha dan menjadi panutan yang baik.
6. Semua guru guru SD Penempo II Kab.Mojokerto, SMPN 7 kota Mojokerto, SMAN 1 PURI Kab. Mojokerto, yang telah berbagi ilmu memberikan arahan dan teladan.
7. Saudaraku seperjuangan Teknik Elektro angkatan 2014 “KETEK UJ”. Terimakasih atas semangat dan motivasi dan semua bantuan yang kalian berikan,dan terimakasih telah memberi arti kekeluargaan yang luar biasa.
8. Keluarga asisten Laboratorium Sistem Kendali 2014 Fakultas Teknik Universitas Jember yang selalu membantu dan menemani kami baik suka maupun duka. Khususnya asisten 2014 Ujik, Arif, Martin, dan Nuha.

9. Keluarga UKM Robotika yang telah memberikan ilmu tentang kerjasama dan kekeluargaan terutama tim KRI divisi Berkaki 2017 yang telah sabar, tekun dan semangat untuk mengerjakan robot sehingga didapatkan hasil yang memuaskan lolos pada regional 4 dan dapat berlaga di KRI nasional terimakasih sebesar besarnya atas kerjasama kalian terutama Wahyu, dan Dhamas.
10. Seluruh keluarga kosan Jln. Matrip Gg. 2 no8 atas bantuan segala hal yang kalian berikan.
11. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.
12. Serta semua teman - teman yang telah bersedia menemani dalam susah maupun duka yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Kepada semua pihak yang telah membimbing, membantu, maupun sekedar menemani dalam menyelesaikan penelitian ini saya ucapkan banyak terima kasih.

**MOTTO**

“Barang siapa yang bersungguh sungguh sesungguhnya kesungguhan tersebut  
untuk kebaikan dirinya sendiri”

**(QS.Al-Ankabut ayat 6)**

“Boleh Jadi kamu membenci sesuatu padahal ia amat baik bagimu, dan boleh  
jadipula kamu menyukai sesuatu padahal itu amat buruk bagimu”

**(Qs.Al-Baqarah ayat 216)**

“Salah satu kenikmatan hidup adalah ketika kita dapat merasakan lelah dalam  
berjuang”

**(Muhammad Aria Ghosal)**

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Aria Ghosal

NIM :141910201015

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “OPTIMISASI PENEMPATAN *RECLOSER* PADA PENYULANG RAMBIPUJI GARDU INDUK JEMBER MENGGUNAKAN METODE OPTIMASI ALGORITMA KOLONI SEMUT” adalah benar benar karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah ada disebutkan subernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuaidengan 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 dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 17 Juli 2018

Yang menyatakan,

MuhammadAria Ghosal

NIM 141910201015

**SKRIPSI**

**OPTIMISASI PENEMPATAN *RECLOSER* PADA PENYULANG  
RAMBIPUJI GARDU INDUK JEMBER MENGGUNAKAN METODE  
OPTIMASI ALGORITMA KOLONI SEMUT**

Oleh

Muhammad Aria Ghosal

141910201015

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Suprihadi Prasetyono,S.T.,M.T.

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

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Optimasi Penempatan Recloser Pada Penyulang Rambipuji Gardu Induk Jember Menggunakan Metode Optimasi Algoritma Koloni Semut” telah diuji dan disahkan pada :

Hari : Selasa

Tanggal : 17 Juli 2018

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji,

Ketua,

Anggota I,

Suprihadi Prasetyono, S.T.,M.T.  
NIP 19700404 199601 1 001

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

Anggota II

Anggota III

Prof.Dr.Ir.Bambang Sujanarko,M.M.  
NIP 19631201 199402 1 002

RB. Moch. Gozali,S.T.,M.T  
NIP 19690608 199903 1 002

Mengesahkan  
Dekan,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M  
NIP 19661215 199503 2 001



## RINGKASAN

**Optimasi Penempatan *recloser* Pada Penyulang Rambipuji Gardu Induk Jember Menggunakan Optimasi Algoritma Koloni Semut :**  
Muhammad Aria Ghosal : 141910201015: 2018 : 103 Halaman, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Kebutuhan akan energi listrik terus meningkat dari tahun ketahun dikarenakan bertambahnya pertumbuhan penduduk di suatu wilayah, Sebagai perusahaan pensuplai energi listrik di Indonesia yakni PT. PLN diharuskan untuk menjaga kualitas kekoninyuitasan listrik kepada konsumen. Untuk menjaga kualitas distribusi listrik kepada konsumen dibutuhkan sistem distribusi yang handal agar suplai listrik kepada konsumen tidak sering terganggu.

Sebagian besar penyulang PT PLN Persero Distribusi Jawa Timur Area Jember masih menggunakan sistem Radial yang merupakan bentuk sistem yang paling sederhana dan yang paling umum dipakai untuk menyalurkan tenaga listrik, akan tetapi sistem radial mempunyai kekurangan apabila terjadi gangguan maka akan menyebabkan padamnya sebagian atau keseluruhan sistem. Pada penyulang Rambipuji Gardu Induk Jember masih menggunakan sistem Radial untuk menyalurkan energi tenaga listrik kepada konsumen. Penyulang Rambipuji Gardu Iduk Jember mempunyai pelanggan total sebesar 28384 konsumen , pelanggan yang dilayani oleh penyulang Rambipuji cukup besar sehingga keandalan penyulang diperlukan untuk meminimalisir terjadinya gangguan.

Salah satu usaha untuk menjaga kehandalan dari penyulang adalah mengoptimalkan penempatan dari sistem proteksi yang dipasang pada penyulang, salah satu sistem proteksi adalah *Recloser* yang merupakan proteksi utama pada suatu penyulang, Maka dari itu mengoptimalkan penempatan *recloser* akan meningkatkan keandalan dari penyulang Rambipuji Gardu Induk Jember.

Pengujian sistem akan dilakukan dengan membandingkan hasil indeks keandalan sistem SAIFI (*System Average Interruption Frequency index*) dan SAIDI (*System Average Interruption Index*) pada penyulang sebelum dilakukan optimasi dan setelah dilakukan optimasi. Indeks keandalan SAIFI dan SAIDI dipengaruhi oleh perhitungan dari nilai Laju kegagalan dan waktu perbaikan komponen serta jumlah pelanggan pada tiap *section* atau pada tiap titik beban. Laju kegagalan dan waktu keluar komponen yang dipakai menurut standart SPLN no 59 tahun 1985.

Dari hasil pengujian optimasi penempatan *recloser* pada penyulang Rambipuji Gardu Induk Jember dengan menggunakan algoritma koloni semut didapatkan perbedaan nilai indeks keandalan SAIFI dan SAIDI setelah dilakukan optimasi. SAIFI sebelum optimasi sebesar 2,1814 kegagalan/pelanggan/tahun dan nilai SAIDI sebesar 4.9835 Jam/pelanggan/tahun. Setelah dilakukan optimasi dengan algoritma koloni semut didapatkan letak *recloser* yang paling optimal yaitu berada pada *section* 4 dengan nilai indeks keandalan SAIFI setelah dioptimasi sebesar 1,7449 kegagalan/pelanggan/tahun dan SAIDI sebesar 3,6524 Jam/pelanggan/tahun. Dari hasil optimasi didapatkan nilai Reduksi Keandalan SAIFI setelah dilakukan optimasi menggunakan algoritma koloni semut diketahui reduksi indeks keandalan SAIFI sebesar 0,4365 kegagalan/pelanggan/tahun dan reduksi indeks keandalan SAIDI sebesar 1,331 jam/pelanggan/tahun atau 79,886 menit/pelanggan/tahun.

Dari hasil pengujian yang dilakukan, metode yang digunakan berhasil menunjukkan titik yang paling optimal pada penyulang Rambipuji Gardu Induk Jember. Parameter algoritma yang digunakan setelah dilakukan pengujian yaitu Rho sebesar 0.1, alpha sebesar 1 dan jumlah koloni semut sebanyak 6 serta jumlah iterasi yang digunakan yaitu sebanyak 40 iterasi.

## SUMMARY

**Optimization Of Recloser Placement On Rambipuji Feeder Substation Jember Using Ant Colony Optimization** : Muhammad Aria Ghosal, 141910201015: 2018 : 103 pages : Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

The need for electric energy increases every year due to the increase in population growth in a region, a supplier of electrical energy in Indonesia PT PLN is required to maintain the quality of electricity distribution to consumer. To maintain the quality of electricity distribution to the consumers, the reliable distribution system is needed so that the supply of electricity to the consumers is not often disturbed.

Most of the feeders in PT.PLN Area Jember still use the radial system, a radial system is the simplest and most commonly used system for distributing electrical energy, but the radial system has a deficiency in the event of interference will cause the partial or total system outages. In Rambipuji feeder is still using the radial system to distributed electrical energy to consumer. Rambipuji feeder has a total consumer of 28384 consumers, the consumers served by the Rambipuji buffer is large enough the Rambipuji feeder reliability is required to minimize the occurrence of interference.

One effort to maintain the reliability of the feeder is to optimize the placement of the protection system installed on the feeder. Therefore optimizing the placement of the recloser will improve the reliability of the Rambipuji feeder.

System testing will be done by comparing the result of SAIFI system reliability index ( System Average Interruption Frequency Index ) and SAIDI ( System Average Interruption Duration Index ) on the Rambipuji feeder, before optimization and after optimization. The index reliability of SAIFI and SAIDI in influenced by the calculation of the value of failure rate and repair time component as well as the total of consumers in each section or at each load point. Failure rate and repair time of component used according to standart SPLN no 59 of 1985.

From the result of optimization testing recloser placement on Rambipuji feeder by using ant colony optimization it was found that the difference of SAIFI and SAIDI reliability index value after optimization. SAIFI before optimization of 2,1814 failures /consumer/year and SAIDI value of 4,9835 hours/customer/year. After optimizing with ant colony algorithm, the optimal recloser location is located in section 4 with SAIFI reliability index value after optimized for 1,7449 failure/customer/year and SAIDI 3, 6524 hours/customer/year, from the optimization result obtained SAIFI reliability reduction after optimization using ant colony algorithm known reliability index SAIFI of 0,4365 failure/customer/year and index reliability SAIDI reduction of 1,331 hours/customer/year or 79,886 minutes/customer/year.

From the result of the test performed, the method used succeeded in showing the most optimal point on the feeder Rambipuji. Parameter algorithm used after testing is rho equal to 0,1 alpha equal to 1 and totally ant colony equal to 6 and amount of iteration used that is counted 40 iterations.

## PRAKATA

*Bismillahirrohmaanirrohiim,*

Puji Syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Optimasi Penempatan *recloser* Pada Penyulang Rambipuji Gardu Induk Jember Menggunakan Metode Optimasi Algoritma Koloni Semut”**. Skripsi ini disusun guna melengkapi tugas akhir dan dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Strata Satu ( S1 ) pada jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Penyusun skripsi ini tidak akan bisa selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis sampaikan terimakasih kepada :

1. Allah SWT, Tuhan yang bergantung kepada-Nya segala sesuatu.
2. Nabi Muhammad SAW, utusan Allah SWT untuk menjadi pedoman manusia.
3. Ayahanda Nurkanin dan Ibunda Niswatin tercinta, yang telah mendidik, yang telah memberikan kasih sayang serta pengorbanan yang tidak terhingga selama ini.
4. Semua Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah membimbing dan memberikan ilmu. Terutama Dosen Pembimbing Bapak Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T. dan bapak Dr. Triwahju Hardianto, ST.,MT, terimakasih atas kesabaran dan ketekunan dalam membimbing saya.
5. Akhmad Nur Fauzi banggakan, hadirmu memberi semangat baru untuk senantiasa berusaha dan menjadi panutan yang baik dan semua keluarga besar yang selalu memberi semangat dan dukungan.
6. Semua guru guru SD Penempo II Kab.Mojokerto, SMPN 7 kota Mojokerto, SMAN 1 PURI Kab. Mojokerto, yang telah berbagi ilmu memberikan arahan dan teladan.
7. Saudaraku seperjuangan Teknik Elektro angkatan 2014 “KETEK UJ”. Terimakasih atas semangat dan motivasi dan semua bantuan yang kalian berikan,dan terimakasih telah memberi arti kekeluargaan yang luar biasa.

8. Keluarga IKMM ( Ikatan Keluarga Mahasiswa Mojokerto ) terimakasih atas dukungan dan motivasi semangat.
9. Keluarga asisten Laboratorium Sistem Kendali 2014 Fakultas Teknik Universitas Jember yang selalu membantu dan menemani kami baik suka maupun duka. Khususnya asisten 2014 Ujik, Arif, Martin, dan Nuha, serta rekan rekan aslab 2015 Galih, Ivan, Sita dan Danang.
10. Keluarga UKM Robotika yang telah memberikan ilmu tentang kerjasama dan kekeluargaan terutama tim KRI divisi Berkaki 2017 yang telah sabar, tekun dan semangat untuk mengerjakan robot sehingga didapatkan hasil yang memuaskan lolos pada regional 4 dan dapat berlaga di KRI nasional terimakasih sebesar besarnya atas kerjasama kalian terutama Wahyu, dan Dhamas.
11. Seluruh keluarga kosan Jln. Matrip Gg. 2 no8 atas bantuan segala hal yang kalian berikan.
12. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.
13. Serta semua teman - teman yang telah bersedia menemani dalam susah maupun duka yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Semoga skripsi ini dapat memberikan informasi, dan manfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro. Kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi menyempurnakan skripsi ini.

Jember, 17 Juli 2018

Penulis

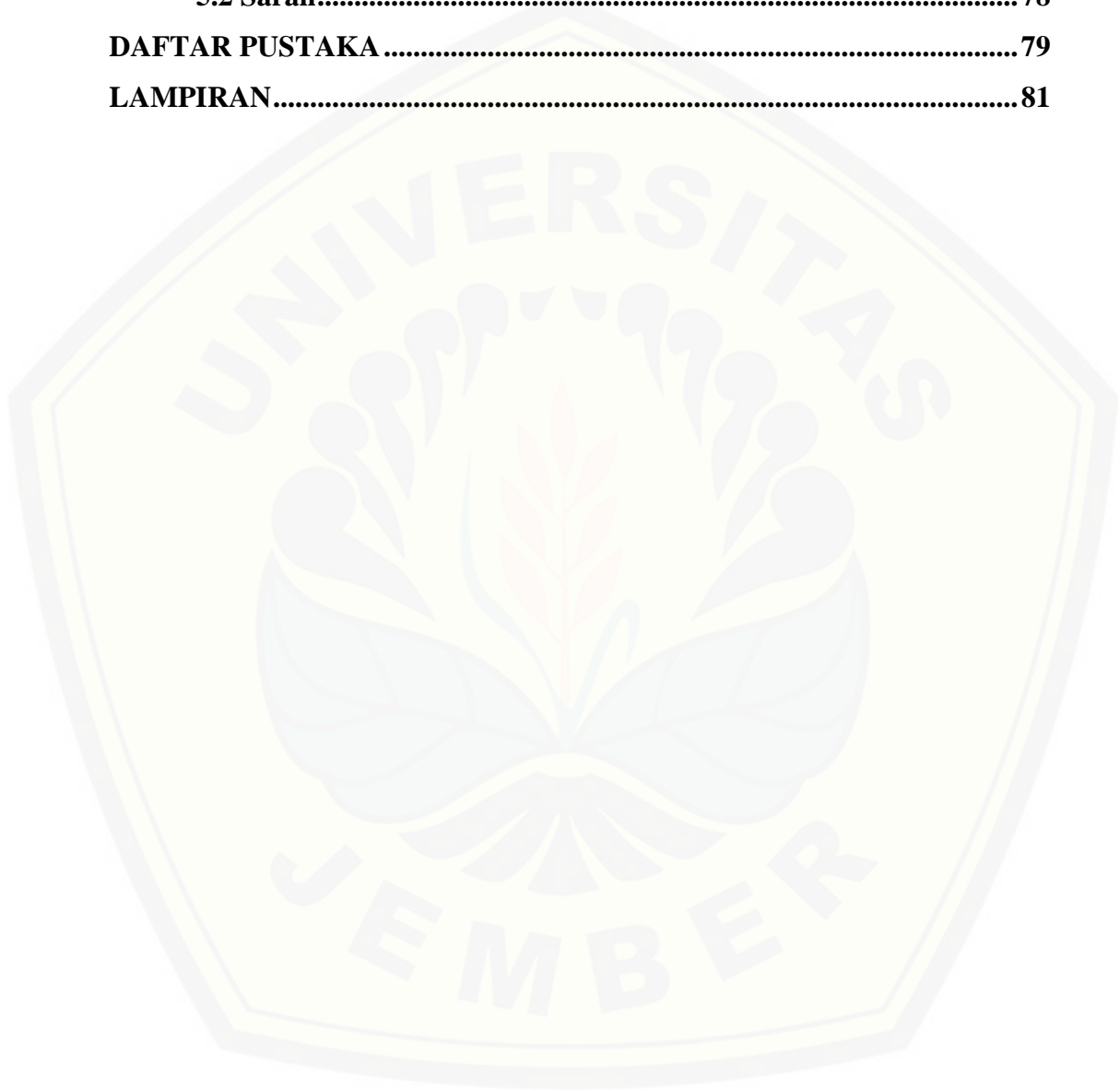
DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN MOTO .....</b>	<b>v</b>
<b>PERNYATAAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>SKRIPSI.....</b>	<b>vii</b>
<b>PENGESAHAN .....</b>	<b>viii</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>ix</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>xi</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xix</b>
<b>BAB1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Tujuan .....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 Manfaat .....</b>	<b>3</b>
<b>1.5 Batasan Masalah .....</b>	<b>3</b>
<b>BAB2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Pengertian Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Bagian Bagian Jaringan Distribusi.....</b>	<b>4</b>
<b>2.3 Klasifikasi Jaringan Distribusi .....</b>	<b>5</b>
2.3.1 Berdasarkan Tegangan Pengenal .....	5
2.3.2 Berdasarkan Konfigurasi Jaringan .....	7
<b>2.4 Keandalan Jaringan Distribusi .....</b>	<b>12</b>
2.4.1 Indeks Keandalan .....	12
<b>2.5 Pemodelan Jaringan Pola Radial.....</b>	<b>14</b>
<b>2.6 Proteksi Penutup Balik Otomatis <i>Recloser</i> .....</b>	<b>16</b>
2.6.1 Bagian Bagian <i>Recloser</i> .....	16

2.6.2	Konstruksi Jaringan <i>Recloser</i> pada Jaringan Tegangan Menengah (JTM) .....	19
2.6.3	Urutan Operasi <i>Recloser</i> .....	21
2.6.4	Prinsip Kerja <i>Recloser</i> .....	23
<b>2.7</b>	<b>Optimasi</b> .....	<b>24</b>
<b>2.8</b>	<b><i>Ant Colony Optimization</i></b> .....	<b>24</b>
2.8.1	Cara Kerja Semut Menemukan Rute Terpendek.....	25
2.8.2	<i>Ant colony</i> pada TSP ( <i>Traveling Salesman Problem</i> ) .....	27
<b>BAB 3.</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>30</b>
<b>3.1</b>	<b>Tempat Dan Waktu Penelitian</b> .....	<b>30</b>
<b>3.2</b>	<b>Alat dan Bahan</b> .....	<b>31</b>
<b>3.3</b>	<b>Metode Penelitian</b> .....	<b>31</b>
<b>3.4</b>	<b>Perancangan Sistem</b> .....	<b>32</b>
3.4.1	Jumlah pelanggan tiap titik beban.....	32
3.4.2	Konfigurasi Jaringan Rambipuji .....	36
3.4.3	Data Laju Kegagalan ( $\lambda$ ) dan Waktu Keluar Komponen ( $r$ ) .	37
3.4.4	<i>Flow Chart</i> .....	41
3.4.5	Alur Kerja sistem .....	42
<b>BAB. 4</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>46</b>
<b>4.1</b>	<b>Pembagian <i>Section</i></b> .....	<b>46</b>
<b>4.2</b>	<b>Menentukan Laju Kegagalan dan Waktu Keluar Komponen</b>	<b>51</b>
<b>4.3</b>	<b>Menghitung Nilai Laju Kegagalan dan Waktu Keluar</b> <b>Komponen <i>section</i></b> .....	<b>52</b>
<b>4.4</b>	<b>Menghitung Indeks Keandalan Tiap <i>Section</i></b> .....	<b>54</b>
<b>4.5</b>	<b>Pengujian Penempatan <i>Recloser</i> Menggunakan Algoritma Koloni Semut</b> .....	<b>57</b>
4.5.1	Penggabungan <i>Section</i> .....	60
4.5.2	<i>Pengujian Parameter Algoritma Koloni Semut</i> .....	61
4.5.3	Pencarian Parameter Optimasi Terbaik (Rho, Alpha, Populasi Semut).....	61
<b>4.6</b>	<b>Pengujian Sistem</b> .....	<b>69</b>



4.6.1 Perbandingan Hasil Pengujian nilai SAIFI dan SAIDI Sistem Sebelum dan Sesudah Dioptimasi. ....	71
<b>BAB 5. PENUTUP.....</b>	<b>78</b>
<b>5.1 Kesimpulan .....</b>	<b>78</b>
<b>5.2 Saran.....</b>	<b>78</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>79</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>81</b>



DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1 Penyulang Gardu Induk Jember .....	30
3.2 Data Jumlah Pelanggan Tiap <i>Load Point</i> .....	33
3.3 Data Laju Kegagalan ( $\lambda$ ) dan Waktu Keluar Komponen ( $r$ ) .....	37
4.1 Pembagian Section Pada <i>Main feeder</i> .....	47
4.2 Pembagian Section Pada <i>Lateral Feeder</i> .....	48
4.3 Laju Kegagalan dan Waktu Keluar Komponen Awal .....	51
4.4 Perhitungan Laju Kegagalan ( $\lambda$ ) Dan durasi kegagalan ( $U$ ) tiap Section .....	52
4.5 Perhitungan Nilai Saidi dan Saifi tiap Section .....	55
4.6 Hail pengujian nilai parameter Rho .....	61
4.7 Tabel 4.6 Hail Pengujian Nilai Parameter Alpha .....	64
4.8 Hasil Pengujian Nilai Parameter Populasi Semut .....	67
4.9 Parameter Sistem Optimasi Recloser Penyulang Rambipuji .....	69
4.10 Hasil Indeks keandalan SAIFI dan SAIDI pada penyulang Rambipuji Sebelum di Tempatkan <i>Recloser</i> dan Setelah Dioptimasi .....	72
4.11 Perbandingan Indeks Kenadalan SAIFI, SAIDI dan standart WCS ( <i>World Customer Service</i> ), Penyulang Rambipuji .....	74
4.12 Penempatan <i>Recloser</i> Pada <i>Main Section</i> .....	76

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Pemagian Sistem Pembangkitan dan Penyaluran Tenaga Listrik .....	6
2.2 Jaringan Distribusi Pola Radial.....	8
2.3 Jaringan Pola <i>Loop</i> .....	9
2.4 Jaringan Distribusi Pola Grid .....	10
2.5 Jaringan Distribusi Pola Spindel .....	11
2.6 <i>Recloser</i> .....	16
2.7 Konstruksi <i>recloser Schneider N-series</i> .....	17
2.8 Contoh penempatan bushing recloser sisi beban .....	17
2.9 Bagian dalam konstruksi <i>recloser Schneider N-series</i> .....	18
2.10 Konstruksi Komponen Pendukung <i>Recloser 3 fasa</i> .....	19
2.11 Urutan Operasi <i>Recloser</i> Untuk Gangguan Permanen.....	22
2.12 Urutan Operasi <i>Recloser</i> Untuk Gangguan Temporer.....	22
2.13 Diagram Blok <i>Recloser</i> ( Panel Control ) .....	24
2.14 Ilustrasi Perjalanan Semut.....	26
2.15 Jalur TSP.....	27
3.1 <i>Single Line</i> Penyulang Rambipuji.....	36
3.2 Kombinasi Rangkaian Seri Paralel .....	38
3.3 <i>Flow chart</i> .....	41
4.1 Pembagian <i>Section</i> pada penyulang Rambipuji.....	50
4.2 Gambar Hasil Perhitungan Nilai SAIFI dan SAIDI <i>Section</i> Pada Matlab..	58
4.3 Penggabungan <i>Section</i> .....	60
4.4 Pengujian rho 0.9 .....	63
4.5 Pengujian rho 0.1 .....	63
4.6. Nilai alpha 9 Pengujian ke 2 .....	66
4.7. Nilai alpha 1 Pengujian ke 3 .....	66
4.8 Hail Keluaran Program Dengan Populasi Semut Sebanyak 6 .....	68
4.9 Hail keluaran program dengan populasi semut sebanyak 18.....	68
4.10 Panel GUI Parameter Optimasi Seblum Dimasukkan Parameter dan Setelah Dimasukkan Parameter .....	70

4.11 Hasil Solusi Terbaik Dari Optimasi Penempatan Recloser Menggunakan Algoritma Koloni Semut.....	70
4.12 Hasil Dari Grafik Fungsi Tujuan Optimasi .....	71
4.13 Grafik Perbandingan Nilai SAIFI Tiap <i>Section</i> Sebelum dan Sesudah Optimasi.....	73
4.14 Grafik Perbandingan Nilai SAIDI Tiap <i>Section</i> Sebelum dan Sesudah Optimasi.....	74



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan energi listrik semakin meningkat dari tahun ke tahun, yang disebabkan oleh pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan dunia usaha seperti industri kecil maupun besar di Indonesia, Hal ini menjadi tantangan bagi perusahaan penyedia listrik yang ada di Indonesia yaitu PLN untuk menjaga mutu dan kekontinyuitasan dalam menyalurkan energi listrik pada konsumen. Semakin meningkatnya kebutuhan energi akan listrik listrik harus ditunjang dengan peningkatan kualitas penyaluran energi listrik ke pelanggan yakni pelayanan teknis yang mampu memberikan aliran energi listrik dengan daya yang mencukupi dan handal.

Pada sistem penyaluran energi listrik di bagi menjadi tiga yaitu pada sisi pembangkitan, pada sisi transmisi, dan pada sisi distribusi. Pada penyaluran listrik sisi distribusi merupakan sistem yang langsung berhubungan dengan pelanggan sehingga kinerja dari sistem distribusi secara langsung akan sangat mempengaruhi tingkat kepuasan pelanggan. Hal terpenting yang harus diperhatikan yaitu tingkat keandalan sistem tersebut, yaitu dapat menyuplai tenaga listrik secara ke konsumen secara kontinyu.

Untuk mengetahui keandalan dari penyulang pada sistem distribusi maka ditetapkan suatu indeks keandalan yaitu besaran untuk membandingkan penampilan suatu sistem distribusi, indeks keandalan yang sering dipakai dalam suatu sistem distribusi adalah SAIFI ( *System Average Interruption Frequency Index*) dan SAIDI ( *System Average Interruption Duration Index* ) Sebagai acuan penentuan Index yaitu berdasarkan Standart PLN yang nantinya digunakan sebagai tolak ukur tingkat keandalan sistem distribusi ( Achmad Fatoni, 2016).

PT PLN ( persero ) merupakan perusahaan BUMN di Indonesia penyedia tenaga listrik di Indonesia, dan PT PLN Distribusi Area Jember bertugas untuk menjaga penyaluran energi listrik dibagian distribusi tegangan menengah 20 kV sampai ke konsumen. Keandalan sistem distribusi yang menjadi Target PLN ke

depan yakni sesuai WCS ( *World Customer Service* ) serta WCC ( *World Class Company* ) dengan nilai SAIFI = 3 kali/pelanggan/tahun dan SAIDI = 100 menit/pelanggan/tahun ( Rukmi Sari,2010 ) . Nilai keandalan sistem yang dilihat dari nilai SAIFI maupun SAIDI penyulang Rambipuji pada tahun 2017 menurut perhitungan dari PLN yakni dengan nilai SAIFI = 9,15 kali/pelanggan/tahun dan nilai SAIDI = 653.34 menit/pelanggan/tahun. Nilai keandalan sistem distribusi pada penyulang Rambipuji pada tahun 2017 belum memenuhi target yang ditentukan.

Penempatan peralatan proteksi pada jaringan distribusi akan berpengaruh pada nilai keandalan sistem distribusi karena peralatan proteksi akan melindungi jaringan dari gangguan pada sistem dan meminimalisir daerah gangguan. Salah satu peralatan proteksi pada jaringan distribusi yaitu *recloser*, *recloser* merupakan suatu alat pemutus jaringan apabila terjadi gangguan yang dilengkapi dengan alat pengindera arus gangguan yang apabila terjadi gangguan yang bersifat temporer maka pemutus arus tidak sampai *lockout* atau terkunci. Sedangkan bila terjadi gangguan yang bersifat permanen maka alat pemutus akan *lockout*. Oleh karena itu penempatan sebuah *recloser* harus diperhatikan agar nilai keandalan sistem jaringan distribusi dapat sesuai standart nasional PLN yang telah ditetapkan oleh SPLN no 59 tahun 1985.

Metode algoritma koloni semut adalah algoritma pencarian yang mengoptimalkan hasil pencariannya dengan menggunakan banyak agen ( *multi agent* ), dalam hal ini diibaratkan pada koloni semut. Kelebihan metode algoritma koloni semut dengan metode optimasi pencarian *multi agent* lainnya adalah terletak pada proses pencariannya yang meninggalkan jejak *pheromone* diantara *node* atau sumber makanan yang dikunjungi, dan jejak *pheromone* inilah yang memandu pencarian selanjutnya. Dalam setiap generasi solusi yang dibangkitkan akan sebanyak agen pencariannya, dan pada generasi ( iterasi ) selanjutnya, pencarian akan lebih mengarah ke solusi optimum ( Budi Juliansyah, 2012 ). Maka dengan menggunakan optimasi koloni semut diharapkan dapat menunjukkan dimana letak *recloser* yang paling optimal pada penelitian kali ini.

## 1.2 Rumusan masalah

Pada penelitian yang akan dilakukan didapatkan beberapa rumusan masalah yaitu sebagai berikut :

1. Dimana penempatan titik *recloser* pada jaringan distribusi penyulang Rambipuji Gardu Induk Jember yang paling optimal ?
2. Bagaimana hasil perhitungan keandalan sistem sebelum dioptimasi dan setelah dioptimasi ?
3. Bagaimanakah proses proses pengoptimisasi penyulang rambipuji gardu induk jember menggunakan algoritma koloni semut ?

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian kali ini yaitu untuk mengevaluasi dan mengoptimalkan penempatan *recloser* pada penyulang Rambipuji Gardu Induk Jember agar didapatkan nilai keandalan indeks SAIFI dan SAIDI yang sesuai target PLN, dengan menggunakan metode koloni semut.

## 1.4 Manfaat

Dengan melakukan penelitian ini yang berjudul “Optimasi Penempatan *Recloser* Pada Penyulang Rambipuji Menggunakan Metode Algoritma Koloni Semut”, Diharapkan dapat mengetahui penempatan *recloser* yang paling optimal sehingga didapatkan letak yang paling optimal untuk ditempatkan *recloser* di penyulang Rambipuji Gardu Induk Jember menurut keandalan SAIFI dan SAIDI.

## 1.5 Batasan Masalah

Pada penelitian kali ini terdapat beberapa batasan masalah yaitu sebagai berikut :

1. Penyulang yang dianalisis yaitu penyulang Rambipuji Gardu Induk Jember.
2. Peralatan yang dianalisa penempatannya yaitu *Recloser*.
3. Data laju Kegagalan dan perbaikan Komponen diambil berdasarkan SPLN 59.
4. Keandalan yang dianalisa yaitu hanya indeks nilai SAIDI dan SAIFI.
5. Menggunakan Algoritma koloni semut untuk proses optimasi.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pengertian Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan bagian dari sistem penyaluran tenaga listrik. Sistem penyaluran tenaga listrik dibagi menjadi tiga bagian yaitu sistem pembangkitan daya atau tenaga listrik, sistem transmisi daya tenaga listrik dan sistem distribusi tenaga listrik. Proses pembangkitan tenaga listrik berada pada suatu sistem pembangkitan tenaga listrik, pembangkit pembangkit yang dioperasikan akan membangkitkan daya yang akan menjadi sumber dari sistem penyaluran tenaga listrik itu sendiri, tegangan yang dibangkitkan oleh pembangkit yaitu berbeda beda seperti 11 KV sampai 24 KV, ketika disalurkan tegangan akan dinaikkan dengan menggunakan transformator pada gardu induk penaik tegangan menjadi 70 KV, 150 KV dan 500 KV. Setelah dinaikkan tegangannya selanjutnya tugas dari sistem transmisi untuk menyalurkan tegangan sampai pada gardu induk penurun tegangan, tegangan akan kembali diturunkan menjadi 20 kV yang selanjutnya merupakan tugas dari sistem distribusi sekunder dan primer tenaga listrik untuk menyalurkan tenaga listrik tersebut sampai ke konsumen.

Fungsi Utama dari saluran distribusi adalah menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari gardu induk distribusi (*distribution substation*) ke pelanggan atau konsumen tenaga listrik. Sistem distribusi dibedakan menjadi dua yaitu sistem distribusi primer dan sistem distribusi sekunder.

### 2.2 Bagian Bagian Jaringan Distribusi

Pada sistem pendistribuan tenaga listrik ke konsumen, umumnya sistem distribusi tenaga listrik dibagi menjadi dua bagian yang utama yaitu :

#### 1. Jaringan distribusi primer

Jaringan distribusi primer yaitu jaringan tenaga listrik yang menyalurkan daya listrik dari gardu induk transmisi ke gardu distribusi. Jaringan ini merupakan jaringan tegangan menengah atau jaringan tegangan primer. Biasanya, jaringan ini menggunakan enam jenis jaringan yaitu jaringan sistem radial dan sistem tertutup atau loop, ring network, spindel, dan cluster ( Abdul Kadir, 2006 ).



## 2. Jaringan distribusi sekunder

Jaringan distribusi sekunder merupakan bagian dari sistem disrtribusi tenaga listrik yang menyalurkan tenaga listrik dari gardu distribusi menuju ke konsumen atau pelanggan tenaga listrik. Jaringan ini menggunakan tegangan rendah sebagaimana halnya dengan jaringan distribusi primer, terdapat pula pertimbangan perihal keadaan pelayanan dan regulasi tegangan. Jadi pada sisi jaringan distribusi sekunder merupakan jaringan yang sangat dekat dan berhubungan dengan konsumen biasanya jaringan ini disebut dengan jaringan tegangan rendah.

Sistem distribusi sekunder digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu distribusi ke beban beban yang di konsumen, pada saluran distribusi sekunder bentuk saluran yang paling banyak digunakan ialah sistem radial. Sistem ini biasanya disebut dengan sistem tegangan rendah yang langsung terhubung ke konsumen tenaga listrik. Dengan melalui peralatan peralatan sebagai berikut :

- Panel hubung bagi pada ( PHB ) pada trafo distribusi
- Hantaran tegangan rendah ( saluran distribusi sekunder )
- Saluran Layanan Pelanggan ( SLP ) ke konsumen.

Alat pembatas dan pengukur daya ( kWh meter ), serta fuse pada pelanggan

## 2.3 Klasifikasi Jaringan distribusi

### 2.3.1 Berdasarkan tegangan pengenal

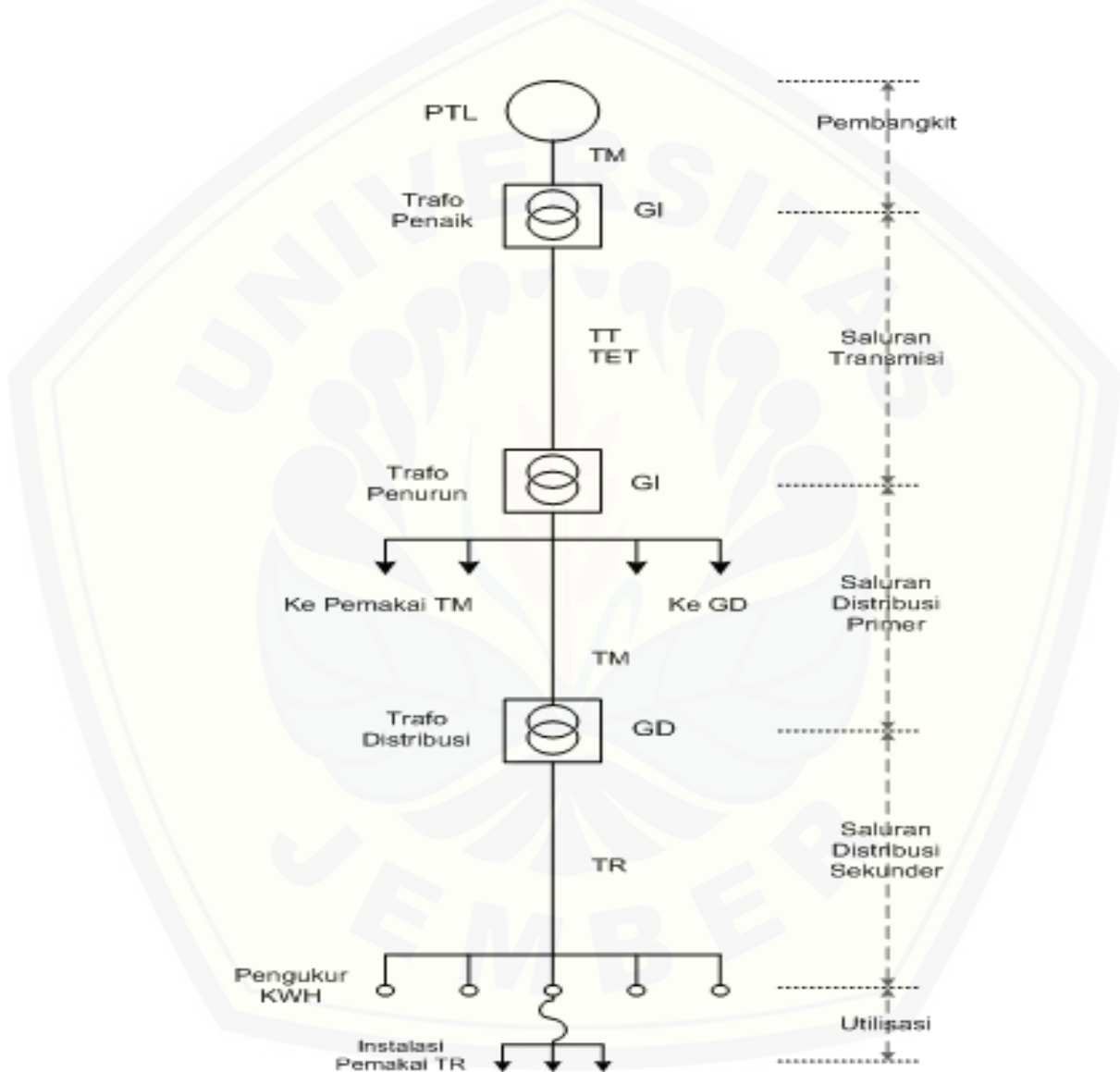
Berdasarkan tegangan pengenalnya sistem jaringan distribusi dibagi menjadi dua macam yaitu :

#### a. Jaringan tegangan primer

Jaringan tegangan distribusi primer atau Jaringan Tegangan Menengah ( JTM ), yaitu berupa saluran Kabel Tegangan Menengah ( SKTM ) atau Saluran Udara Tegangan Menengah ( SUTM ).Jaringan ini menghubungkan sisi sekunder trafo daya di gardu induk menuju ke gardu distribusi besar tegangan yang disalurkan adalah 20 kV.

### b. Jaringan Tegangan Sekunder

Jaringan distribusi sekunder atau jaringan tegangan rendah ( JTR ), salurannya bisa berupa SKTM atau SUTM yang menghubungkan gardu distribusi atau sekunder trafo distribusi ke konsumen tenaga listrik. Tegangan sistem yang digunakan adalah 220 Volt dan 380 Volt.



Gambar 2.1 Pemagian Sistem Pembangkitan dan Penyaluran Tenaga Listrik

### 2.3.2 Berdasarkan Konfigurasi Jaringan

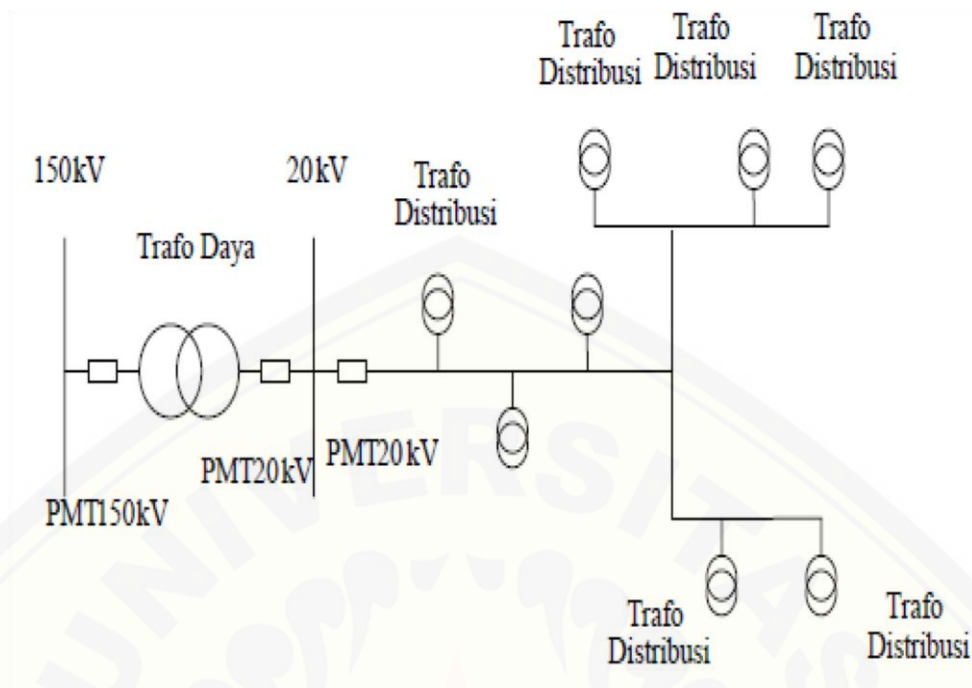
Pola jaringan distribusi yang digunakan juga akan menentukan mutu dan kehandalan suatu jaringan distribusi. Pada jaringan distribusi mempunyai konfigurasi jaringan yang berbeda beda ada beberapa konfigurasi jaringan sistem distribusi yang dipakai yaitu seperti sistem jaringan distribusi tipe radial, sistem jaringan distribusi tipe loop, dan sistem jaringan distribusi tipe spindel, pola pola jaringan tersebut mempunyai kelebihan dan kekurangan sendiri sendiri.

#### 1. Jaringan distribusi pola radial

Jaringan distribusi pola radial merupakan bentuk jaringan distribusi yang paling sederhana. Dinamakan jaringan pola radial karena pada saluran ini sumber tenaga yang disalurkan atau catu daya dari tenaga listrik itu sendiri berasal dari satu titik sumber yang memanjang dan terdapat pula percabangan percabangan pada saluran tersebut. Karena pada saluran radial ini ditarik dari satu sumber dan memanjang dan karena ada percabangan percabangan tersebut maka arus beban yang mengalir pada saluran tidak sama sehingga luas penampang konduktor pada jaringan bentuk radial ini ukurannya tidak sama karena arus yang paling besar mengalir pada jaringan yang paling dekat dengan gardu induk. Jadi arus terbesar yaitu arus yang dekat dengan titik catu daya dan semakin berjalan ke ujung saluran distribusi tipe radial arus beban akan semakin kecil.

Adapun spesifikasi atau kelebihan maupun kekurangan dari jaringan tipe radial ini yaitu :

- Bentuknya sederhana
- Biaya investasinya murah
- Kualitas pelayanan dayanya relatif jelek, karena rugi tegangan dan rugi daya yang terjadi pada saluran relatif besar.
- Kontinuitas penyaluran daya pada konsumen atau mutu pelnyaluran daya pada konsumen kurang terjamin, sebab antara titik sumber dan titik beban pada jaringan radial hanya ada satu alternatif saluran sehingga bila saluran tersebut mengalami pemadaman total, yaitu daerah saluran atau dibelakang titik gangguan selama gangguan belum bisa diatasi.



Gambar 2.2 Jaringan Distribusi Pola Radial

## 2. Jaringan distribusi pola *loop*

Jaringan distribusi pola *loop* merupakan jaringan distribusi yang berbentuk ring dan tertutup biasa juga disebut dengan jaringan tipe *ring*. Jaringan distribusi pola *loop* adalah jaringan yang dimulai dari suatu titik pada rel daya yang berkeliling di daerah beban kemudian kembali ketitik rel daya semula. Pola ini ditandai pula dengan adanya dua sumber pengisian yaitu sumber utama dan sebuah sumber cadangan. Jika salah satu sumber ( saluran utama) mengalami gangguan akan dapat digantikan oleh sumber pengisian yang lain ( saluran cadangan ).

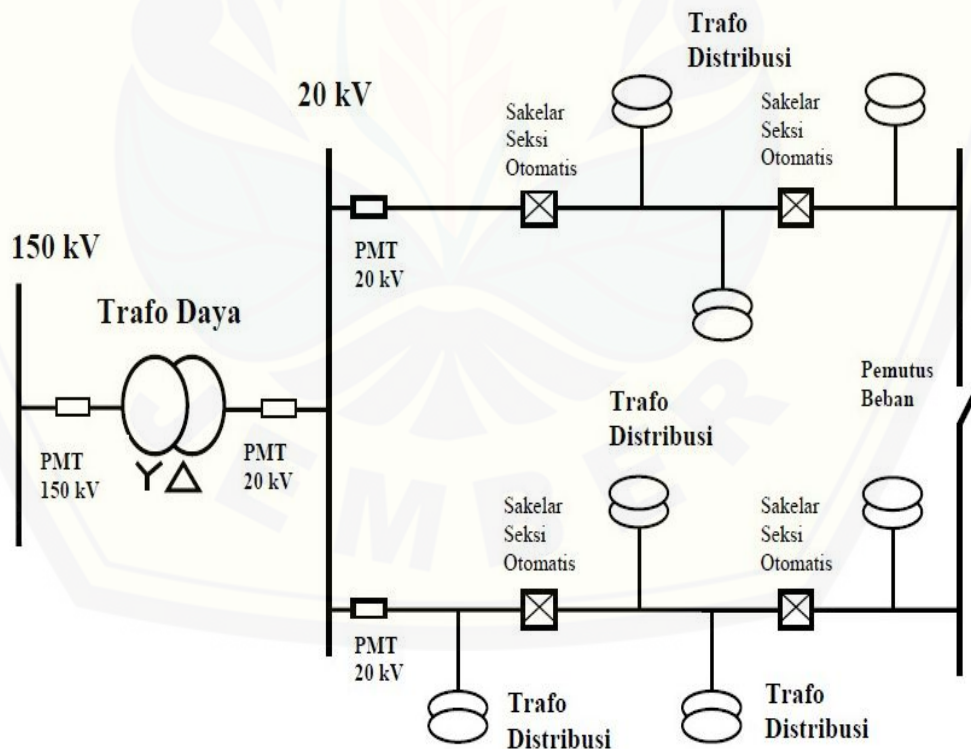
Jaringan distribusi pola *loop* merupakan gabungan dari dua buah struktur jaringan radial, dimana ujung dari dua jaringan dipasang sebuah pemutus dan pemisah. Pada saat terjadi gangguan, setelah gangguan dapat diisolir maka pemutus atau pemisah ditutup sehingga aliran daya listrik ke bagian yang tidak terkena gangguan tidak terhenti. ( Dr. Ramadhoni Syahputra, 2017).

Ada dua bentuk jaringan pola loop atau pola ring tersebut yaitu :

- a) Bentuk *open loop*, bila dilengkapi dengan *normally open switch* yang terletak pada salah satu bagian gardu distribusi, dalam keadaan normal saluran *open loop* ini selalu terbuka ( *open* ).
- b) Bentuk *close loop*, apabila dilengkapi dengan *normally close switch* yang terletak pada salah satu bagian diantara gardu distribusi, dalam keadaan normal saluran *open loop* ini selalu terbuka ( *close* ).

Adapun spesifikasi atau kelebihan maupun kekurangan dari jaringan tipe *loop* atau *ring* ini yaitu :

- keandalan saluran akan lebih baik dibanding dengan jaringan tipe radial karena apabila salah satu saluran utama mengalami gangguan maka terdapat saluran cadangan sebagai *backup*.
- Cocok untuk daerah yang padat dan memerlukan keandalan yang tinggi.
- Kerugiannya yaitu biaya investasi lebih mahal.

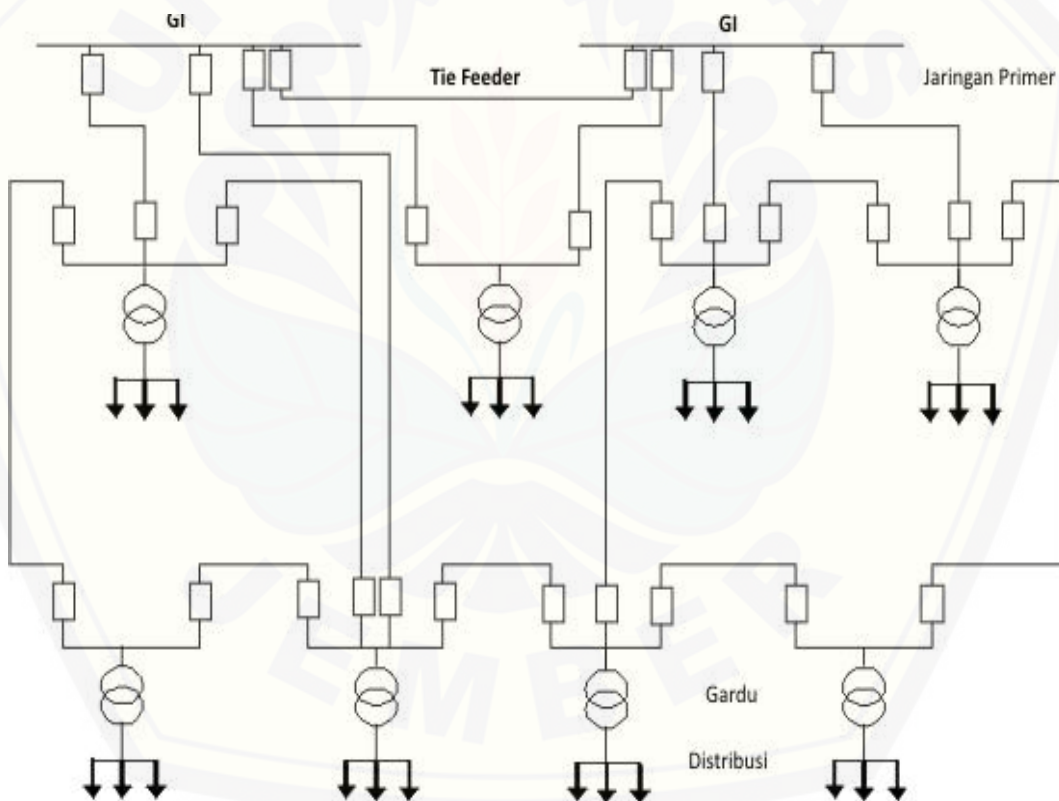


Gambar 2.3 Jaringan Pola *Loop*

### 3. Jaringan distribusi pola grid

Pola jaringan ini mempunyai beberapa rel daya dan antara rel-rel tersebut dihubungkan oleh saluran penghubung yang disebut tie feeder. Dengan demikian setiap gardu distribusi dapat menerima atau mengirim daya dari atau ke rel lain. Keuntungan dan kerugian dari jenis jaringan ini adalah :

- Kontinuitas pelayanan lebih baik dari pola radial atau loop.
- Fleksibel dalam menghadapi perkembangan beban.
- Sesuai untuk daerah dengan kerapatan beban yang tinggi.
- Kerugiannya yaitu sistem proteksi yang rumit dan mahal, serta biaya investasi yang mahal juga.

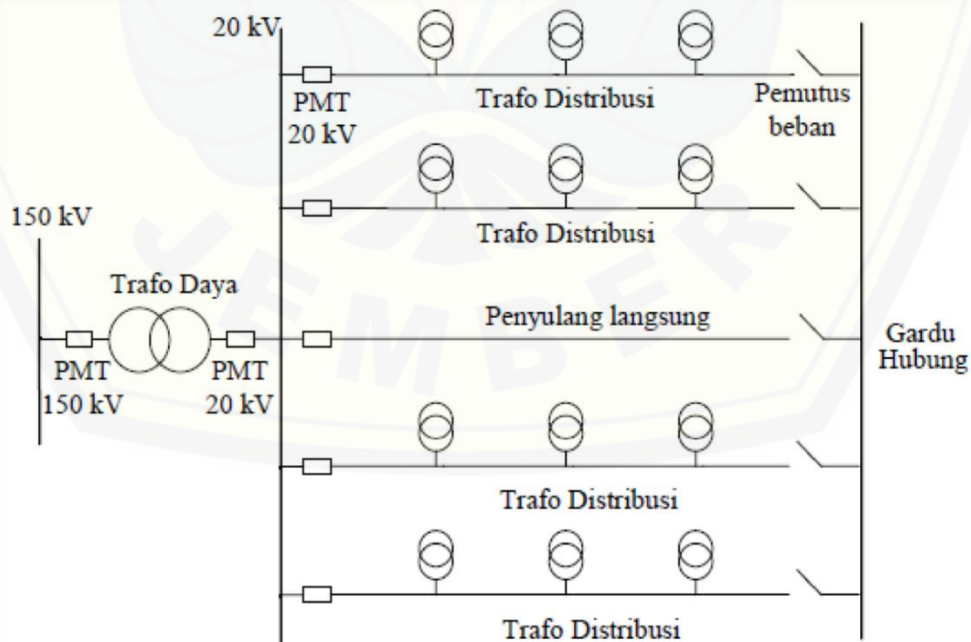


Gambar 2.4 Jaringan Distribusi Pola Grid

#### 4. Jaringan distribusi pola spindel

Jaringan pola spindel merupakan pengembangan dari pola radial dan pola loop terpisah. Beberapa saluran yang keluar dari gardu induk diarahkan menuju ke suatu tempat yang disebut gardu hubung ( GH ), kemudian antara GI dan GH tersebut dihubungkan dengan satu saluran yang disebut express feeder. Sistem gardu distribusi ini terdapat disepanjang saluran kerja dan terhubung secara seri, Saluran yang masuk ke gardu dihubungkan oleh saklar pemisah sedangkan saluran yang keluar dari gardu dihubungkan oleh saluran saklar beban. Jadi sistem ini dalam keadaan normal bekerja secara radial dan dalam keadaan darurat bekerja secara loop melalui saluran cadangan dan GH. Keuntungan dan kerugian pola jaringan spindel yaitu :

- Pengecekan beban masing masing saluran lebih mudah dibandingkan dengan pola grid
- Penentuan bagian jaringan yang terganggu akan lebih mudah dibandingkan dengan pola grid.
- Pola proteksi yang digunakan juga akan lebih mudah.
- Baik untuk dipakai di daerah perkotaan dengan kerapatan beban yang tinggi.



Gambar 2.5 Jaringan Distribusi Pola Spindel

## 2.4 Keandalan Jaringan Distribusi

Keandalan (*reability*) jaringan distribusi didefinisikan sebagai probabilitas dari peralatan atau sistem untuk dapat menjalankan fungsinya dengan semestinya, dalam kurun waktu tertentu, serta pada kondisi kerja tertentu. Dengan demikian, keandalan sistem distribusi berarti probabilitas sistem distribusi untuk dapat menjalankan fungsinya dengan semestinya, dalam kurun waktu tertentu, serta pada kondisi kerja tertentu ( Achmad Fatoni, 2016 ).

Tingkat keandalan dari sistem distribusi diukur dari sejauh mana penyaluran tenaga listrik dapat berlangsung secara kontinyu kepada para pelanggan tanpa perlu terjadinya pemadaman. Seiring dengan kemajuan zaman terjadi pertumbuhan beban ditandai munculnya kawasan industri, bisnis, serta pemukiman yang baru, dan hal ini tentunya menuntut tingkat keandalan yang semakin tinggi.

Untuk mengetahui keandalan dari penyulang pada sistem distribusi maka ditetapkan suatu indeks keandalan yaitu besaran untuk membandingkan penampilan suatu sistem distribusi, indeks indeks keandalan yang sering dipakai dalam suatu sistem distribusi adalah SAIFI ( *System Average Interruption Frequency Index*) dan SAIDI ( *System Average Interruption Duration Index* ) Sebagai acuan penentuan Index yaitu berdasarkan Standart PLN yang nantinya digunakan sebagai tolak ukur tingkat keandalan sistem distribusi ( Achmad Fatoni, 2016).

### 2.4.1 Indeks Keandalan

Sistem distribusi tenaga listrik mempunyai nilai indikator untuk mengukur suatu keandalan atau mutu pelayanan tenaga listrik yaitu menggunakan indeks keandalan nilai SAIFI dan SAIDI yang dinyatakan dalam suatu besaran probabilitas, yang terdiri dari indeks titik beban dan indeks sistem yang dipakai untuk memperoleh yang mendalam kedalam keseluruhan kinerja. Jadi keandalan suatu penyulang dapat diketahui dengan melihat besarnya perhitungan nilai SAIFI dan nilai dari SAIDI dari penyulang tersebut. Menurut standart dari PLN 68 tahun 1986 nilai SAIFI sebesar 3,2 kali / tahun dan nilai SAIDI sebesar 21 jam / tahun untuk penyulang dengan pola radial



#### 2.2.4.1 SAIFI ( *System Average Interruption Frequency index* )

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

Indeks SAIDI didefinisikan sebagai jumlah rata rata kegagalan yang terjadi perpelanggan yang dilayani oleh sistem persatuan waktu ( umumnya per tahun ). Indeks ini ditentukan dengan membagi jumlah semua keggaln pelanggan dalam satu tahun dengan jumlah pelanggan yang dilayani oleh sistem tersebut.

Berikut merupakan persamaa dari Indeks keandalan SAIFI :

$$\text{SAIFI} = \frac{\sum N_{LP} \times \lambda_{LP}}{\sum N} \dots\dots\dots(2.1)$$

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

$N$  = Jumlah konsumen seluruh *load point*

$\lambda_{LP}$  = laju kegagalan seluruh peralatan pada *load point*

#### 2.2.2 SAIDI ( *System Average Interruption Index* )

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

Indeks keandalan SAIDI adalah nilai rata rata dari lamanya kegagalan untuk setiap pelanggan selama satu tahun.SAIDI ditentukan dengan pembagian jumlah dari lamanya kegagalan secara terus menerus untuk semua pelanggan selama periode waktu yang telah ditentukan dengan jumlah pelanggan yang dilayani selama setahun. Untuk menghitung nilai SAIDI dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{SAIDI} = \frac{\sum N_{LP} \times U_{LP}}{\sum N} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

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

$N$  = Jumlah konsumen seluruh *load point*

$U_{LP}$  = total waktu ketersediaan peralatan pada *load point*

## 2.5 Pemodelan Jaringan Pola Radial

Pada rangkaian jaringan distribusi pola radial keandalan dapat dianalisis menggunakan kombinasi seri dan paralel. Karena pada jaringan radial yang ditarik dari satu sumber sampai ke ujung jaringan maka jaringan tersebut dianalisis menggunakan konsep seri dan percabangan. Percabangan yang ada pada jaringan dapat dianalisis dengan menggunakan konsep paralel. Konsep seri tersebut dapat dikombinasi sebagai :

$$\lambda_s = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n \dots \dots \dots (2.3)$$

$$U_s = U_1 + U_2 + \dots + U_n = \lambda_1 r_1 + \lambda_2 r_2 + \dots + \lambda_n r_n \dots \dots \dots (2.4)$$

$$r_s = \frac{U_s}{\lambda_s} \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan :

$\lambda_s$  = laju kegagalan

$\lambda_1$  = laju kegagalan Trafo

$\lambda_2$  = laju kegagalan SUTM

$\lambda_3$  = laju kegagalan FCO

$\lambda_4$  = Laju kegagalan LBS

$\lambda_5$  = Laju kegagalan LBS

$U$  = total waktu terjadinya gangguan (per unit)

$r$  = rata rata waktu perbaikan setiap gangguan

Laju kegagalan pada konsep seri tersebut adalah dengan menjumlahkan semua laju kegagalan dari komponen yang ada pada titik tersebut seperti pada suatu titik SUTM terdapat komponen trafo, FCO, dan LBS serta *recloser* maka, laju kegagalan total pada titik tersebut adalah penjumlahan dari laju kegagalan semua komponen jika pada titik tersebut hanya jaringan seri apabila terdapat jaringan paralel maka perlu menganalisa dengan menggunakan konsep paralel yaitu. Apabila terdapat elemen paralel pada jaringan tersebut maka dapat dianalisa dengan menggunakan konsep sebagai berikut :

$$\lambda_p = \frac{U_p}{r_p} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$U_p = U_1 \times U_2 \times \dots \times U_n = \lambda_1 \times \lambda_2 \times \dots \times \lambda_n \times r_1 \times r_2 \times \dots \times r_n \dots\dots(2.7)$$

$$r_p = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n}} \dots\dots\dots(2.8)$$

Misalkan untuk n=2,

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

Pada jaringan radial yang sesungguhnya, jaringan tersebut tidak hanya terdiri dari elemen seri saja maupun hanya elemen paralel saja akan tetapi dalam sistem jaringan radial yang sesungguhnya dilapangan merupakan gabungan kombinasi antara elemen seri maupun elemen paralel maka dari itu penyederhanaan rangkaian seri maupun paralel harus dilakukan untuk mempermudah menganalisa keandalan suatu penyulang dengan jaringan radial dan paralel. Contoh penyederhanaan campuran jaringan antara elemen seri dan paralel dapat dilihat pada gambar 2. 6.

## 2.6 Proteksi Penutup Balik *Recloser*

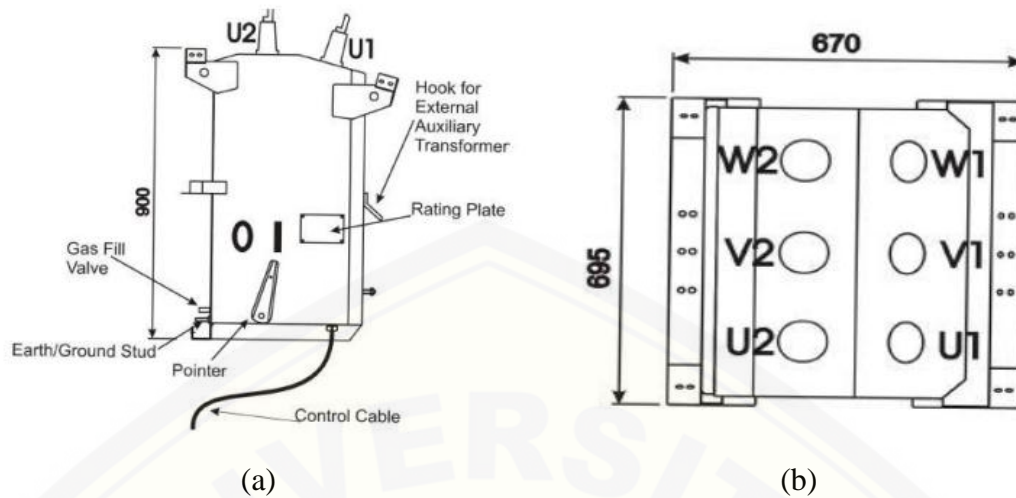
*Recloser* merupakan suatu peralatan pengaman arus lebih, karena hubungan singkat antara fasa dengan fasa atau fasa dengan tanah, dimana *recloser* ini memutus arus dan menutup kembali secara otomatis dengan selang waktu yang dapat diatur sesuai dengan setting interval *recloser* untuk membebaskan sistem dari gangguan yang bersifat temporer. *Recloser* hampir sama dengan *circuit breaker*, namun *recloser* dapat disetel untuk bekerja membuka dan menutup beberapa kali secara otomatis. Apabila *feeder* mendapat gangguan sementara, bila *circuit breaker* yang digunakan untuk *feeder* yang mendapat gangguan sementara, akan menyebabkan hubungan *feeder* terputus. Tetapi jika *recloser* yang digunakan diharapkan gangguan sementara tersebut tidak membuat *feeder* terputus, maka *recloser* akan bekerja beberapa kali sampai akhirnya *recloser* terbuka ( Mega Firdausi N, 2016 ).



Gambar 2.6 *Recloser*

### 2.6.1 Bagian Bagian dari *Recloser*

Bagian bagian utama dari *recloser* yaitu *bushing*, *manual trip*, *arrester*, *ground sstud*, dan peredam. Untuk *recloser schneider* N-series peredam *vacuum* diisi oleh gas SF<sub>6</sub> ( *Sulfur Hexsflouride* ).



Gambar 2.7 Konstruksi *recloser Schneider N-series*.

(Sumber : <https://vdocuments.site>)

Bagian atas dipasang bushing 6 buah dan arrester 6 buah ( untuk *Schneider* tidak menyediakan *arrester* ). Bushing diinisialisasi dengan U1 V1 W2 pada sisi input dan keluaran dari *recloser* ditandai dengan U2 V2 W2 yang merupakan kabel threephase dari *feeder*.

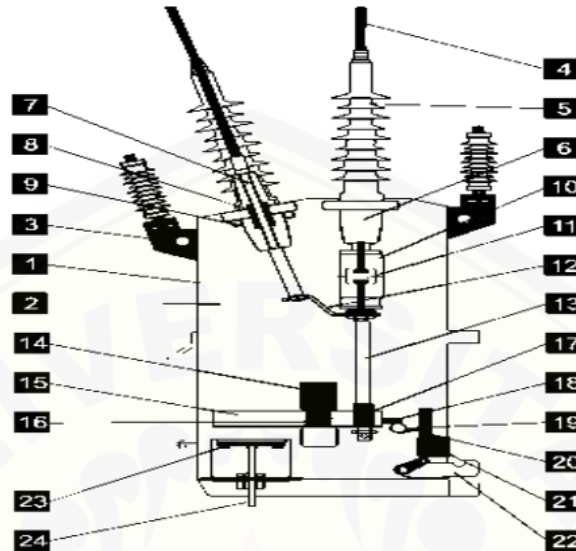


Gambar.2.8 Contoh penempatan bushing *recloser* sisi beban

(Sumber : <https://vdocuments.site>)

Untuk pemasangan surja arrester, pada *recloser scneider tipe N-Series* telah disediakan *surge arrester mounting bracket* yang berfungsi sebagai tempat

pemasangan arrester dan dioasang baik pada sisi sumber maupun sisi bebannya. Arrester ini berfungsi sebagai proteksi terhadap tegangan lebih dan petir.



Gambar 2.9 Bagian dalam konstruksi *recloser Schneider N-series*

(Sumber : <https://vdocuments.site>)

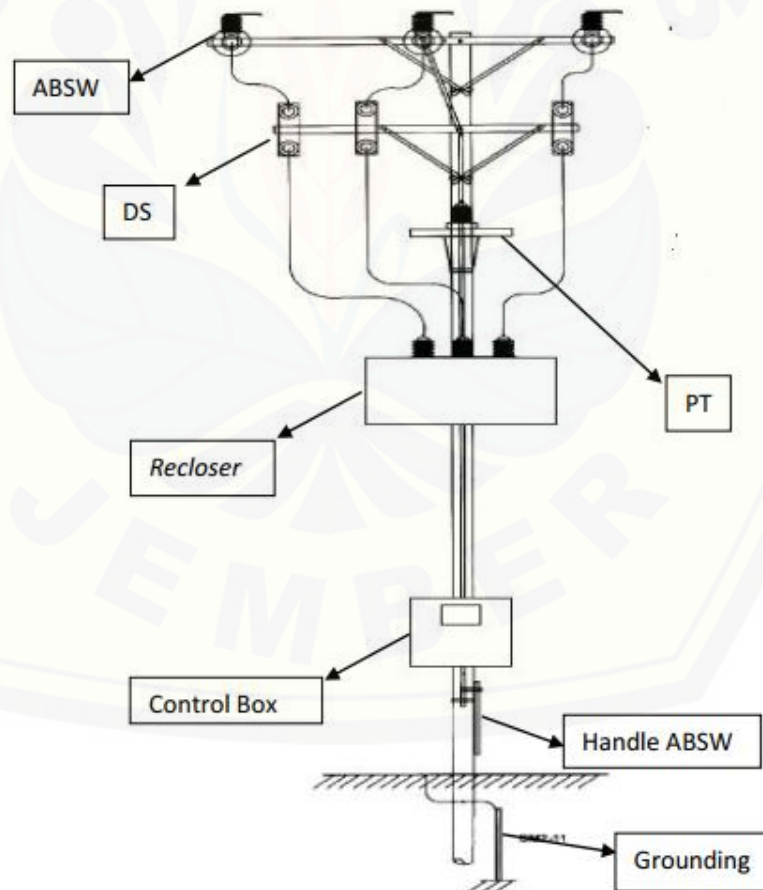
- |   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. Tank                                 | 14. Close selenoid    |
| 2. SF6 insulating gas                   | 15. Mechanism plate   |
| 3. Surge arrester bracket               | 16. Opening spring    |
| 4. HV cable tail                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

### 2.6.2 Konstruksi Jaringan *Recloser* pada Jaringan Tegangan Menengah (JTM)

Pemasangan *recloser* pada jaringan tegangan menengah menggunakan peralatan pendukung untuk membackup kinerja dari *recloser* yang dipasang pada jaringan tegangan menengah pada jaringan 20 kV 3 fasa ketika terjadi kerusakan pada *recloser*, ataupun saat pemeliharaan *recloser*. Peralatan berikut yaitu :

1. *ABSW* ( *Air Break Switch* )
2. *Disconnecting Switch* ( *DS* )
3. *Grounding*
4. *Current Transformer* ( *CT* )
5. *Potential Transformer* ( *PT* )
6. *Control box*

Komponen komponen tersebut dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.10 Konstruksi komponen pendukung *recloser* 3 fasa

( Sumber : vdocuments.site )

### 1. ABSW ( *Air Break Switch* )

ABSW ( *Air Break Switch* ) merupakan peralatan penghubung yang berfungsi sebagai pemisah. *Air Break Switch* biasa dilengkapi dengan peredam busur api yang berfungsi untuk meredam busur api yang dihasilkan ketika proses membuka dan menutup jaringan dalam kondisi bertegangan. Pemasangan ABSW pada jaringan 20 kV biasanya digunakan untuk :

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

### 2. DS ( *Disconnecting Switch* )

*Disconnecting Switch* merupakan saklar pisah yang digunakan untuk memutus dan mengamankan jaringan ketika jaringan tidak dialiri arus. DS tidak bisa dioperasikan secara langsung karena didesain untuk memutus jaringan yang tidak dialiri arus apabila dipaksakan dioperasikan secara langsung maka akan menimbulkan busur api yang berakibat fatal. Pengoperasian DS biasa dengan menggunakan tongkat khusus yang dapat dipanjangkan atau dipendekkan sesuai DS tersebut berada untuk menarik tuas dari DS.

### 3. Grounding ( Pentanahan )

Grounding merupakan pengamanan langsung untuk manusia dan peralatan apabila terjadi gangguan ketanah dan apabila terjadi kebocoran arus pada kegagalan isolasi. Beberapa fungsi dari grounding yaitu :

- Mengalirkan arus gangguan
- Membuang arus muatan statis ke bumi
- Menstabilkan keseimbangan tegangan
- Memproteksi peralatan dari tegangan lebih dan arus lebih

### 4. CT ( *Current Transformator* ) dan PT ( *Potential Transformator* )

Current transformator merupakan transformator yang digunakan untuk menurunkan arus dari arus tegangan menjadi arus keluaran CT biasanya maksimal keluaran CT sebesar 5A. Perbandingan arus yang masuk dan arus yang keluar pada



CT dinamakan rasio CT seperti 500/5 A berarti arus masuk maksimal 500 A sebanding dengan arus yang keluar pada sisi sekunder transformator 5 A. CT digunakan untuk membaca arus pada JTM karena relay menggunakan arus maksimal 5A. Sedangkan PT ( *Potential Transformator* ) merupakan transformator yang digunakan untuk mengubah tegangan yang tinggi menjadi tegangan rendah. Rasio dari PT yaitu 2000/100 V, keluaran dari PT sendiri masih berbentuk AC.

#### 5. *Control Box Recloser*

*Control Box Recloser* merupakan sebuah box yang didalamnya terdapat sistem kontrol untuk mengontrol, mensetting dan memonitor *recloser*. Box tersebut diletakkan diluar ruangan jadi didesain untuk tahan air, dan tahan api agar dapat melindungi sistem kontrol dengan maksimal.

#### 6. Baterai

Baterai digunakan untuk mensuplai daya sistem kontrol yang digunakan untuk mengontrol *recloser*. Jadi sistem kontrol pada *recloser* menggunakan arus DC untuk mengontrol *relay* pada *recloser*. Untuk pengisian dari baterai sendiri dilakukan otomatis karena didalam control box juga dipasang *charger* dan *rectifier* untuk mengubah arus AC menjadi DC untuk mengisi baterai kenapa menggunakan tegangan DC karena apabila JTM terjadi gangguan relay masih bisa digunakan atau dioperasikan karena supply dari sistem kontrol menggunakan baterai.

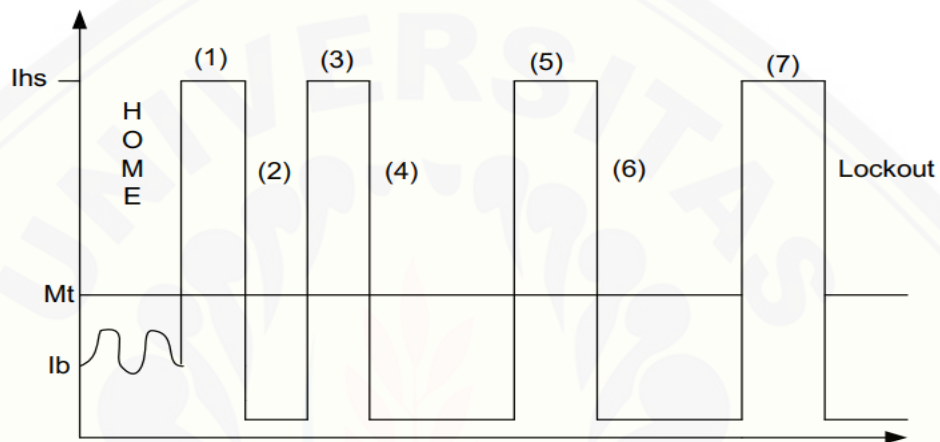
#### 2.6.3 Urutan Operasi *Recloser*

Waktu membuka dan menutup *recloser* dapat diatur melalui kurva karakteristiknya. Untuk urutan kerja *recloser* seperti berikut :

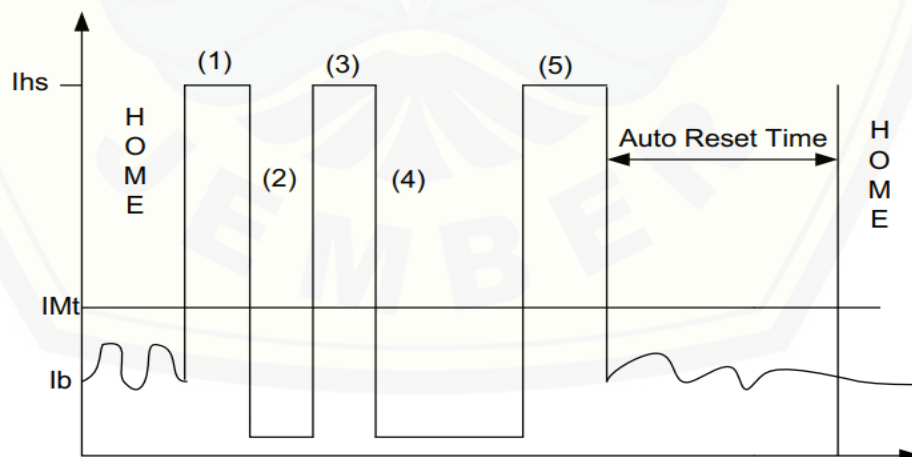
1. Sebelum terjadi gangguan arus mengalir normal (  $I_b$  )
2. Pada saat terjadi gangguan, (  $I_{hs}$  ) arus yang mengalir melalui *recloser* sangat besar dan menyebabkan kontak *recloser* bekerja dengan operasi *fast*,
3. Kontak *recloser* akan menutup kembali setelah melewati waktu beberapa detik, sesuai setting yang telah dilakukan apabila ada gangguannya bersifat temporer tujuan diberikan selang waktu beberapa detik ini memberikan kesempatan

kepada penyebab gangguan agar hilang dari sistem terutama gangguan yang sifatnya temporer.

4. Jika yang terjadi gangguan permanen maka *recloser* akan membuka dan menutup balik sesuai setting yang telah ditentukan dan akan *lock out*.
5. Setelah gangguan permanen dibebaskan oleh petugas maka *recloser* dapat dimasukkan lagi ke sistem.



Gambar 2.11 Urutan Operasi *Recloser* Untuk Gangguan Permanen



Gambar 2.12 Urutan Operasi *Recloser* Untuk Gangguan Temporer

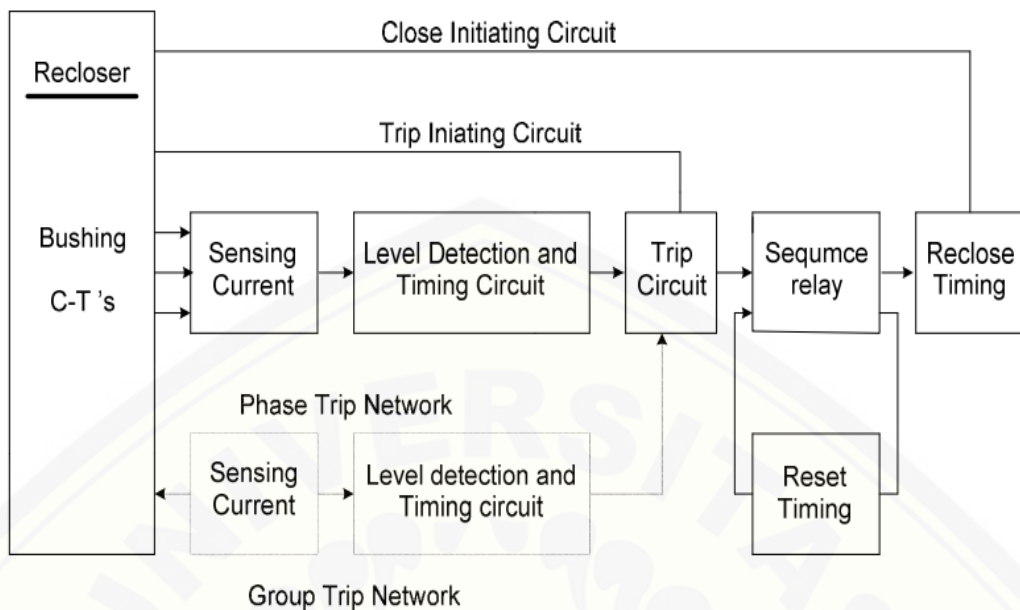
Keterangan :

- Ib : arus beban normal
- I<sub>mt</sub> : arus trip minimum
- I<sub>hs</sub> : arus hubung singkat
- 1 : waktu trip cepat pertama
- 2 : interval waktu reclose pertama
- 3 : waktu trip cepat kedua
- 4 : Interval reclose waktu ke dua
- 5 : waktu trip lambat pertama
- 6 : Interval waktu reclose waktu ketiga
- 7 : waktu trip lambat kedua

#### 2.6.4 Prinsip Kerja *Recloser*

*Recloser* mendeteksi gangguan menggunakan sensing trafo arus ( CT ) dan pengaturan elektronik. Perlengkapan elektroniknya ditempatkan pada sebuah kotak yang terpisah dari tangki *recloser*. Dalam melakukan perubahan karakteristik, tingkat arus penjatuh minimum dan urutan operasi *recloser* dapat dilakukan dengan mudah tanpa mengeluarkan dari *recloser* dari tangkinya. Arus pada saluran dideteksi oleh trafo arus yang dipasang pada bushing *recloser*, kemudian arus sekundernya dialirkan ke elektronik *control box*. Apabila arus melebihi batas nilai terendah dari arus penjatuh minimum, maka level detektor dan timing circuit akan bekerja. Setelah mencapai waktu tunda yang ditentukan oleh program karakteristik arus waktu, maka rangkaian trip ( penjatuh ) mengirimkan sinyal untuk mejatuhkan ( melepaskan ) kontak utama *reclose*. Sementara itu rele urutan kerja akan bekerja mengatur waktu penutup kembali sesuai dengan urutan yang diinginkan.

Rele urutan kerja akan direset oleh riset timing pada posisi semula untuk mengatur penutupan kembali berikutnya. Apabila ternyata gangguan yang terjadi belum hilang, maka pada pembukaan yang terakhir sesuai urutan kerja *recloser* akan berada pada posisi *lock out* ( terkunci ).



Gambar 2.13. Diagram Blok *Recloser* ( Panel Control )

## 2.7 Optimasi

Optimasi adalah suatu proses untuk mendapatkan hasil yang optimal ( nilai efektif yang dapat dicapai ). Dalam disiplin matematika optimasi merujuk pada studi permasalahan yang mencoba untuk mencari nilai minimal atau maksimal dari suatu fungsi riil. Untuk dapat mencapai nilai optimal baik minimal atau maksimal tersebut, secara sistematis dilakukan pemilihan nilai variabel integer atau riil yang akan memberikan solusi optimal. Nilai optimal adalah nilai yang didapat melalui suatu proses dan dianggap menjadi solusi jawaban yang paling baik dari semua solusi yang ada. ( Agus Leksono, 2009 ).

## 2.8 Ant Colony Optimization

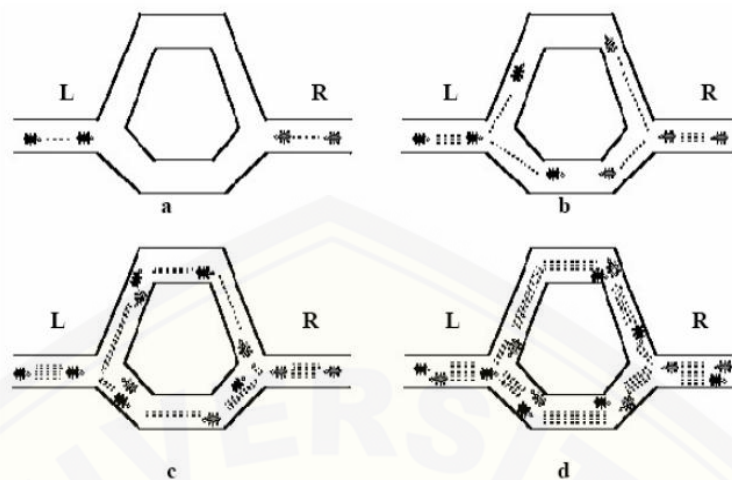
*Ant Colony Optimization* ( ACO ) diadopsi dari perilaku koloni semut yang dikenal sebagai sistem semut. Semut mampu mengindera lingkungannya yang kompleks untuk mencari makanan dan kemudian kembali ke sarangnya dengan meninggalkan zat *pheromone* pada rute rute yang mereka lalui.

Pheromone adalah zat kimia yang berasal dari kelenjar endokrin dan digunakan oleh makhluk hidup untuk mengenali sesama jenis, individu lain, kelompok, dan untuk membantu proses reproduksi. Berbeda dengan hormon, *pheromone* menyebar keluar tubuh dan hanya dapat mempengaruhi dan dikenali oleh individu lain yang sejenis ( satu spesies ).

Proses peninggalan Pheromone ini dikenal sebagai *stigmergy*, yaitu sebuah proses memodifikasi lingkungan yang tidak hanya bertujuan untuk mengingat jalan pulang ke sarang, tetapi juga memungkinkan para semut berkomunikasi dengan koloninya. Seiring waktu bagaimanapun juga jejak *pheromone* akan menguap dan akan mengurangi kekuatan daya tariknya. Lebih cepat setiap semut pulang pergi melalui rute tersebut, maka *pheromone* yang menguap lebih sedikit. Begitu pula sebaliknya jika semut lebih lama pulang pergi melalui rute tersebut, maka *pheromone* yang menguap lebih banyak.

#### 2.8.1 Cara Kerja Semut Menemukan Rute Terpendek Dalam ACO

Secara jelasnya cara kerja semut menemukan rute terpendek dalam ACO adalah sebagai berikut yaitu secara alamiahnya semut mapu menemukan rute terpendek dalam perjalanan dari sarang ke tempat tempat sumber makanan. Koloni semut dapat menemukan rute terpendek antara sarang dan sumber makanan berdasarkan jejak kaki pada lintasan yang telah dilalui. Semakin banyak semut yang melalui suatu lintasan, maka akan semakin jelas bekas jejak kakinya. Hal ini akan menyebabkan lintasan yang dilalui semut dalam jumlah sedikit, semakin lama akan semakin berkurang kepadatan semut yang melewatinya, atau bahkan akan tidak dilewati sama sekali. Sebaliknya lintasan yang dilalui semut dalam jumlah banyak, semakin lama akan semakin bertambah kepadatan semut yang melewatinya, atau bahkan semua semut akan melalui lintasan tersebut .



Gambar 2.14 Ilustrasi Perjalanan Semut

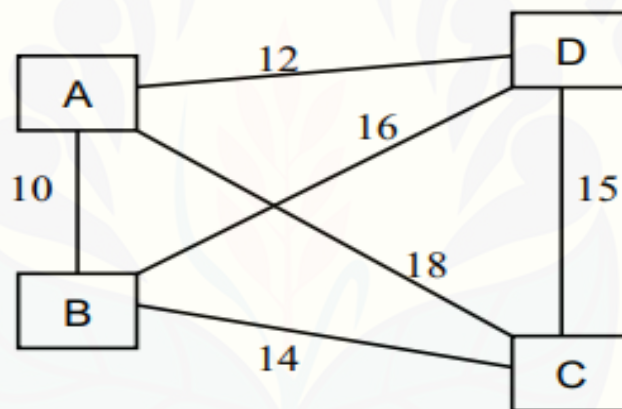
Gambar perjalanan semut diatas menunjukkan ada dua kelompok semut yang akan melakukan perjalanan. Satu kelompok bernama L yaitu kelompok yang berangkat dari arah kiri yang merupakan sarang semut dan kelompok lain yang bernama kelompok R yang berangkat dari kanan yang merupakan sumber makanan. Kedua kelompok semut dari titik awal keberangkatan sedang dalam posisi pengambilan keputusan jalan sebelah mana yang akan diambil. Kelompok semut L membagi dua kelompok lagi. Sebagian melalui jalan atas dan sebagian melalui jalan bawah. Hal ini juga berlaku pada kelompok semut R. Gambar di atas menunjukkan bahwa kelompok semut berjalan pada kecepatan yang sama dengan meninggalkan *pheromone* ( jejak kaki semut ) di jalan yang telah dilalui. *Pheromone* yang ditinggalkan oleh semut semut yang melalui jalan atas telah mengalami banyak penguapan karena semut yang melalui jalan atas telah mengalami banyak penguapan karena semut yang melalui jalan atas berjumlah lebih sedikit daripada jalan yang dibawah. Hal ini dikarenakan jarak yang ditempuh lebih panjang daripada jalan bawah. Sedangkan *pheromone* yang berada di jalan bawah, penguapannya cenderung lebih lama. Karena semut yang melalui jalan atas menunjukkan bahwa semut semut yang lain pada akhirnya memutuskan untuk melewati jalan bawah karena *pheromone* yang ditinggalkan masih banyak. Sedangkan *pheromone* pada jalan atas sudah banyak menguap sehingga semut

semut tidak memilih jalan atas tersebut. Semakin banyak semut yang melalui jalanbawah maka semakin banyak semut yang mengikutinya.

Demikian juga dengan jalan atas, semakin sedikit semut yang melalui jalan atas, maka *pheromone* yang ditinggalkan semakin berkurang bahkan hilang. Dari sinilah kemudian terpilih rute terpendek antara sarang dan sumber makanan.

### 2.8.2 Ant colony pada TSP

TSP merupakan permasalahan salesman yang berusaha untuk menemukan lintasan paling pendek yang dapat di tempuh ke semua kota pelanggan dan kemudian kembali ke kota asal dengan syarat semua kota pelanggan hanya boleh dikunjungi sekali dalam tiap tournya.



Gambar 2.15 .Jalur TSP

Huruf abjad A-B-C-D merupakan kota kota yang harus di kunjungi dengan garis hubung merupakan lintasan panjang kota tersebut. Yang nantinya akan dicari jalur yang paling optimal menggunakan *ant colony optimization*. Tiap semut pada awal pencarian jalur terpendek masing masing menempatkan diri pada tiap kota awal secara acak. Kemudian tiap semut mengunjungi kota kota lain yang belum pernah dikunjungi sampai semua kota dikunjungi. Tiap semut akan mempunyai daftar kunjungan kota kota yang telah dilewati daftar kunjungan ini disebut tabu list.

Pemilihan kota kota yang belum pernah dikunjungi didasarkan pada suatu aturan yang disebut aturan transisi status ( *state transition rule* ). Aturan ini mempertimbangkan visibilitas ( invers jarak satu kota ke kota lainnya ) dan jumlah

feromon yang terdapat pada tiap ruas yang menghubungkan satu kota dengan kota lainnya. Semut pada AS akan cenderung memilih kota asal ( mempunyai visibilitas besar ) dan jumlah feromon terbanyak pada suatu ruas.

Tabu list yang dimiliki oleh masing masing semut berfungsi untuk melarang semut mengunjungi kota yang sudah pernah dikunjunginya. Ketika sebuah tour selesai dilakukan, tabu list ini berfungsi untuk menghitung panjang lintasan yang sudah dilalui oleh semut pada tournya.

Setelah semut menyelesaikan tournya, tabu list akan penuh panjang tour yang dilakukan oleh setiap semut dihitung berdasarkan tabu list tersebut. Langkah selanjutnya adalah melakukan proses pembaharuan feromon global ( *global pheromone updating rule* ) diberlakukan pada tiap ruas semakin pendek sebuah tour yang dihasilkan oleh semut. Jumlah pheromon yang ditinggalkan pada ruas ruas dilalui akan semakin besar, hal ini menyebabkan ruas ruas yang diberi *pheromone* lebih banyak akan semakin diminati semut pada tour selanjutnya. Sebaliknya pada ruas ruas dengan *pheromone* lebih sedikit akan semakin kurang diminati oleh semut sehingga pada tour selanjutnya akan jarang dilewati sampai akhirnya ruas tersebut tidak pernah dilewati lagi. Pada pembaharuan *pheromone* global dilakukan proses penguapan *pheromone*. Penguapan *pheromon* bertujuan agar tidak terjadi stagnasi, yaitu proses peristiwa ketika semua semut berakhir dengan melakukan tour yang sama, proses diulang sampai tour yang dilakukan menjapai jumlah maksimal atau sistem ini menghasilkan perilaku stagnasi yaitu perilaku ketika sistem ini berhenti mencari solusi alternatif, selanjutnya tour terpendek yang ditemukan oleh semut disimpan dan tabu list dikosongkan kembali.

- Proses aturan transmisi status

Suatu aturan transisi adalah probabilitas semut  $k$  untuk berkunjung dari kota awal  $i$  menuju kota berikutnya  $j$  selama membangun suatu solusi ke- $t$ . Aturan ini disebut dengan random proportional rule. Probabilitas transisi dari kota  $i$  ke kota  $j$  oleh semut  $k$  pada AS didefinisikan sebagai berikut :



$$P_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha [\gamma_{ij}]^\beta}{\sum_{l \in N_i^k} [\tau_{il}(t)]^\alpha [\gamma_{il}]^\beta} & \text{if } j \in N_i^k \\ 0, & \text{selainnya} \end{cases} \dots\dots\dots(2.19)$$

$\tau_{ij}$  merupakan jumlah *pheromone* pada tiap ruas antara *node*  $i$  dan *node*  $j$ ,  $\gamma_{ij}$  adalah invers jarak antara *node*  $i$  dan *node*  $j$ ,  $(1/d_{ij})$ , nilai  $d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$ .  $\alpha$  adalah suatu parameter yang mengendalikan bobot *pheromone*.  $\beta$  adalah parameter pengendali jarak dan  $N_i^k$  merupakan himpunan *node* yang belum dikunjungi oleh semut ( Andi Akhmad, 2012).

- Proses *update pheromone trail*

Setelah semua semut selesai membangun sebuah tour, jejak *pheromon* yang ada pada tiap ruas diperbaharui nilainya pembaharuan nilai *pheromon* ini dilakukan dengan lebih dahulu mengurangi ( menguapkan ) *pheromon* yang ada pada ruas dengan suatu nilai penguapan konstan, kemudian menambahkannya dengan *pheromon* baru. Update *pheromon* dilakukan sebagai berikut :

$$\tau_{ij} \leftarrow (1 - \rho)\tau_{ij} + \Delta\tau_{ij} \dots\dots\dots(2.20)$$

$$\Delta\tau_{ij} = \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij} \dots\dots\dots(2.21)$$

$$\Delta\tau_{ij}^k = \begin{cases} \frac{Q}{L_k}, & \text{if } (i, j) \in \text{tour yang ada pada } \text{tabu}_k \\ 0, & \text{selainnya} \end{cases} \dots\dots\dots(2.22)$$

$\rho$  adalah parameter penguapan *pheromon*,  $m$  adalah jumlah semut semut, *tour described by tabu<sub>k</sub>* adalah *tour* yang dilakukan oleh semut  $k$ .  $Q$  adalah ketetapan jumlah *pheromon* untuk disimpan.

### BAB.3 METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di PT.PLN (Persero) Didtribusi Jawa Timur Area Jember di Jl. Gajahmada No. 198 Jember 6811. PT.PLN (Persero) Didtribusi Jawa Timur Area Jember yang menaungi sistem distribusi dari beberapa gardu induk salah satunya yaitu sistem distribusi dari Gardu Induk Jember. Sistem distribusi dari gardu induk jember dibagi menjadi beberapa feeder atau penyulang yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.1 Penyulang Gardu Induk Jember

No	Nama Penyulang	Gardu Induk
1	Ambulu	GI Jember
2	Arjasa	GI Jember
3	Balung	GI Jember
4	Blater	GI Jember
5	Gajah Mada	GI Jember
6	Glantangan	GI Jember
7	Kalisat	GI Jember
8	Karimata	GI Jember
9	Mayang	GI Jember
10	Pakusari	GI Jember
11	Rambipuji	GI Jember
12	Semen Puger	GI Jember
13	Seruji	GI Jember
14	Sukorambi	GI Jember
15	Tanjung	GI Jember
16	Tegalboto	GI Jember
17	Watu Ulo	GI Jember

### 3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian kali ini untuk menganalisa dan melakukan pembuatan program yaitu :

1. Hardware : laptop
2. Software : Matlab R2013a

### 3.3 Metode Penelitian

Pada penelitian ini ada beberapa tahapan metode yang digunakan yaitu sebagai berikut :

#### 1. Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan mengambil materi dari jurnal jurnal, paper , maupun skripsi skripssi yang telah ada, untuk digunakan sebagai sumber dan acuan sebagai pengerjaan dan pengembangan metode lebih lanjut pada penelitian ini.

#### 2. Pengambilan Data

Pengambilan data pada penelitian ini bersifat kuantitatif, yaitu data yang berkaitan dengan *recloser* dan keandalan sistem distribusinya seperti single line diagram penyulang rambipuji, data panjang saluran penyulang, letak komponen peralatan seperti trafo dan peralatan sistem proteksi penyulang serta data data yang berkaitan dengan indeks keandalan yang akan dihitung nantinya. Data data tersebut diambil dari PT PLN APJ Jember.

#### 3. Pengolahan Data dan Pembuatan Program

Data data yang sudah didapat akan diolah sesuai langkah langkah dalam pengerjaan penelitian ini. Data yang dilah seperti perhitungan indeks SAIFI maupun SAIDI setiap load point dari penyulang dan kemudian dilanjutkan dengan pembuatan program algoritma koloni semut. Pembuatan program menggunakan software Matlab 2013a.

### 3.4 Perancangan Sistem

Pada penelitian bertujuan untuk menganalisa dimana letak penempatan *recloser* yang tepat pada penyulang Rambipuji Gardu Induk Jember dengan menggunakan algoritma koloni semut. Analisis yang harus dilakukan pertama kali yaitu mencari hubungan antara *recloser* dan kehandalan suatu sistem distribusi. Untuk mengukur kehandalan suatu sistem distribusi tenaga listrik yaitu dianalisis menggunakan nilai dari Saifi maupun nilai dari Saidi dari sistem distribusi tersebut. Untuk mencari nilai dari Saifi dan Saidi maka dibutuhkan nilai laju kegagalan dari masing masing komponen sistem distribusi dan nilai waktu keluar komponen atau waktu perbaikan komponen pada sistem distribusi tersebut, karena tiap tiap komponen sistem distribusi mempunyai laju kegagalan dan waktu keluar atau waktu perbaikan komponen.

Semakin besar nilai dari SAIDI maupun SAIFI pada suatu titik beban maka semakin rendah nilai keandalan pada titik tersebut sebaliknya semakin kecil nilai dari saifi dan saidi pada suatu titik maka semakin tinggi keandalan sistem tersebut. Untuk menganalisa nilai dari SAIFI dan SAIDI pada titik beban pada suatu penyulang sistem distribusi maka diperlukan beberapa data yaitu jumlah pelanggan titik beban, konfigurasi jaringan penyulang Rambipuji Gardu Induk Jember, data laju kegagalan serta data waktu keluar atau perbaikan komponen.

#### 3.4.1 Jumlah pelanggan tiap titik beban

Data jumlah pelanggan pada titik beban yang dianalisa pada penyulang rambipuji yaitu sebanyak 87 trafo titik beban atau *load point*. Dengan jumlah pelanggan yang bervariasi tiap titik beban dengan jumlah pelanggan keseluruhan pada sistem yaitu sebesar 29628 pelanggan jarak antar titik trafo akan dijadikan sebuah section yang akan digunakan untuk menganalisa gabungan dari laju kegagalan dan waktu perbaikan pada tiap section tersebut. Data tiap tiap titik beban yaitu sebagai berikut :

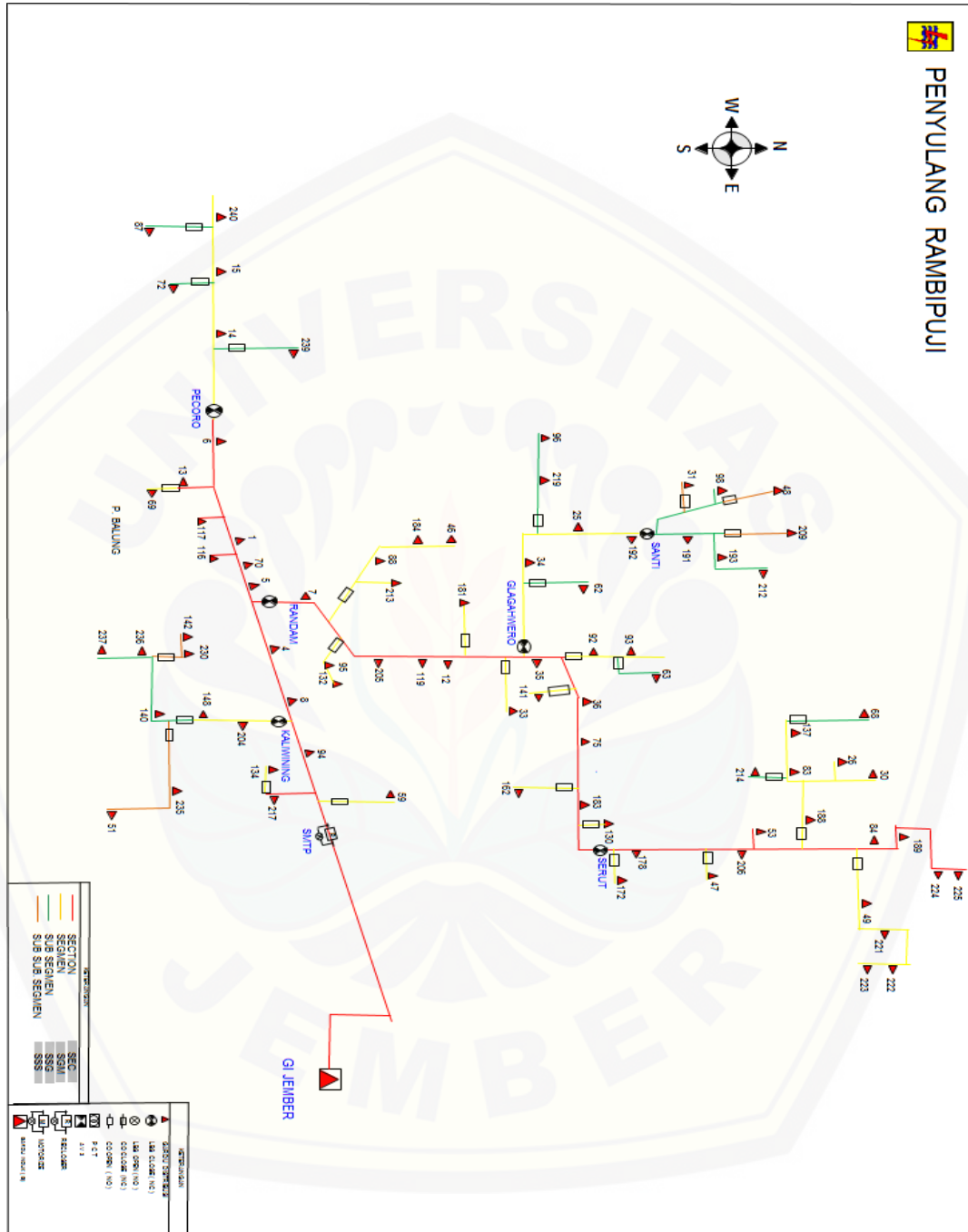
Tabel 3.2 Data Jumlah Pelanggan Tiap *Load Point*

LP	Kode Trafo	Kapasitas Trafo (Kva)	Jumlah Konsumen	Lokasi
1	GD194	160	122	Ds. Jubung
2	GD008	200	102	Ds.Kaliwining
3	GD004	250	423	Ds.Rambigundam
4	GD007	200	912	Ds.Rambigundam
5	GD205	160	200	Ds.Rambigundam
6	GD119	100	443	Ds.Rambigundam
7	GD012	160	457	Ds.Rambigundam
8	GD035	160	700	Ds.Glagahwero
9	GD036	160	575	Ds.Panti
10	GD075	100	273	Ds. Dukumencek
11	GD183	160	452	Ds. Dukumencek
12	GD178	160	50	Ds.Serut
13	GD206	160	358	Ds.Sucipanti
14	GD084	100	361	Ds.Kemiri
15	GD189	100	144	Ds.Kemiri
16	GD224	100	231	Ds.Kemiri
17	GD225	100	69	Ds.Kemiri
18	GD059	160	782	Ds. Jubunglor
19	GD148	100	45	Ds.Jubung
20	GD217	50	11	Ds. Jubung
21	GD134	100	569	Ds.Curah
22	GD204	100	58	Ds.Kaliwining
23	GD140	100	317	Ds.Kaliwining
24	GD235	100	1	Ds.Curahwelut
25	GD051	160	46	Ds.Curahkendal
26	GD140	100	317	Ds.Kaliwining
27	GD230	160	16	Ds.Curahsuko

28	GD142	200	388	Ds.Curahsuko
29	GD236	250	1	Ds.Curahsuko
30	GD237	250	1	Ds.Curahbanteng
31	GD005	200	476	Ds.Rambipuji
32	GD070	150	749	Ds.Rambipuji
33	GD116	200	727	Ds.Rambipuji
34	GD001	100	25	Ds.Rambipuji
35	GD117	250	542	Ds.Rambipuji
36	GD013	160	417	Ds.Rambipuji
37	GD069	100	327	Ds.Kaliwining
38	GD006	160	386	Ds.Rambipuji
39	GD239	200	1	Ds.Pecoro
40	GD014	200	434	Ds.Pecoro
41	GD072	160	207	Ds.Petung
42	GD015	200	81	Ds.Petung
43	GD240	100	1	Ds.Petung
44	GD087	100	110	Ds.Petung
45	GD213	100	12	Ds.Rambigundam
46	GD008	100	122	Ds.Kaliwining
47	GD184	160	377	Ds.Gugut
48	GD046	160	828	Ds.Dukusia
49	GD095	200	595	Ds.Rambigundam
50	GD132	200	595	Ds.Rambigundam
51	GD181	250	162	Ds.Rambigundam
52	GD033	160	252	Ds.Glagahwero
53	GD062	160	737	Ds.Sumbergeban
54	GD034	160	446	Ds. Kemuning
55	GD219	160	60	Ds. Kemuning
56	GD096	100	531	Ds.Banjarsari
57	GD025	25	680	Ds.Kemuning

58	GD192	100	208	Ds.Kemuning
59	GD191	180	85	Ds.Kemuning
60	GD193	160	220	Ds.Pakis
61	GD212	100	80	Ds.Cempakapakis
62	GD209	160	185	Ds.Kemuningsari
63	GD031	50	579	Ds.Badean
64	GD098	160	143	Ds.Badean
65	GD048	50	851	Ds.Badean
66	GD092	50	596	Ds.Prapah
67	GD063	100	583	Ds.Serut
68	GD093	100	591	Ds.Prapah
69	GD248	100	103	Ds.Prapah
70	GD141	200	283	Ds.Panti
71	GD162	100	551	Ds.Tamengan
72	GD130	200	486	Ds.Dukuhmencek
73	GD172	100	439	Ds.Badean
74	GD047	100	257	Ds.Serut
75	GD053	160	471	Ds.Suci
76	GD188	100	217	Ds.Suci
77	GD030	50	605	Ds.Suci
78	GD026	100	65	Ds.Suci
79	GD083	100	612	Ds.Kemiripanti
80	GD214	100	129	Ds.Sucipanti
81	GD137	100	396	Ds.Suci
82	GD068	50	612	Ds.Sentol
83	GD049	50	560	Ds.Kemiri
84	GD221	100	40	Ds.Kemiri
85	GD222	100	58	Ds.Kemiri
86	GD223	1000	75	Ds.Kemiri

### 3.4.2 Konfigurasi Jaringan Penyulang Rambipuji



Gambar 3. 1 Single Line Penyulang Rambipuji



### 3.4.3 Data Laju Kegagalan ( $\lambda$ ) dan Waktu Keluar Komponen ( $r$ )

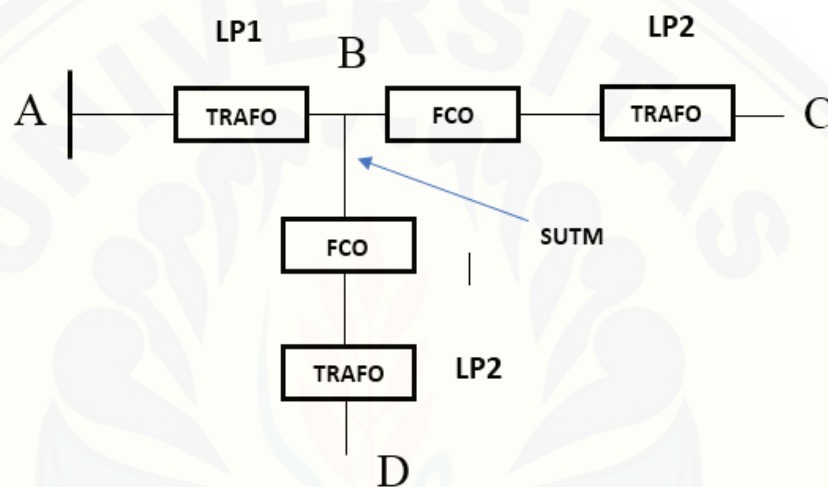
Data laju kegagalan dan waktu perbaikan tiap komponen atau waktu keluar komponen pada penelitian ini menggunakan data standar SPLN no 59 tahun 1985. Yaitu untuk setiap komponen pada suatu sistem jaringan distribusi mempunyai standar laju kegagalan dan waktu perbaikan komponen sebagai berikut :

Tabel 3.3 Data Laju Kegagalan ( $\lambda$ ) dan Waktu Keluar Komponen ( $r$ )  
Berdasarkan SPLN no 59 tahun 1985

No	Komponen	$\lambda$ (Kegagalan /tahun)	r (jam/tahun)
1	SUTM ( Saluran Udara Tegangan Menengah)	0.2	3
2	Transformator	0.005	10
3	FCO( <i>Fuse Cut Out</i> )	0.003	0.25
4	<i>Recloser</i>	0.005	10
5	PMT (Pemutus Tenaga)	0.004	10
6	LBS ( <i>Load Break Switch</i> )	0.003	10

Dari data laju kegagalan yang dan waktu perbaikan komponen yang didapat dari SPLN no 59 tahun 1985 seperti diatas akan digunakan untuk menghitung keandalan waktu perbaikan komponen pada tiap *section*. Terdapat beberapa tahapan mengolah data dari penyulang Rambipuji Gardu Induk Jember yaitu :

- Langkah pertama yaitu membagi jaringan penyulang Rambipuji menjadi *section* Dengan cara memisahkan antara *section* utama ( *main section* ) dengan *section* cabang ( *lateral section* ). Pada *section* cabang terdapat rangkaian gabungan antara elemen komponen paralel dan elemen rangkaian komponen paralel, untuk menggabungkan antara rangkaian komponen paralel dan rangkaian komponen seri seperti pada gambar 2.6. untuk menghitung nilai laju kegagalan komponen maupun nilai waktu perbaikan dari rangkaian jaringan gabungan seri paralel dapat dilakukan seperti berikut :



Gambar3.2 Kombinasi Rangkaian Seri Paralel

Gambar diatas merupakan contoh jaringan sederhana dengan gabungan rangkaian seri dan paralel, pada Jaringan tersebut terdapat tiga *load point* yaitu LP1, LP2, dan LP3. Jadi dapat dibagi menjadi tiga *section* yaitu S1 dari titik A ke B, *section* 2 dari titik B ke C dan *section* 3 yaitu dari titik B ke D. Untuk menyederhanakan jaringan tersebut pertama yaitu menghitung laju kegagalan dan waktu perbaikan komponen tiap *section*.

$$\lambda_{S1} = \lambda_{TRAFO} + \lambda_{SUTM}$$

$$\lambda_{S2} = \lambda_{TRAFO} + \lambda_{SUTM}$$

$$\lambda_{S3} = \lambda_{TRAFO} + \lambda_{SUTM}$$

Selanjutnya mencari waktu ketersediaan komponen tiap *section* :

$$U_{s1} = (\lambda_{TRAFO} \times r_{TRAFO}) + (\lambda_{SUTM} \times r_{SUTM})$$

$$U_{s2} = (\lambda_{TRAFO} \times r_{TRAFO}) + (\lambda_{SUTM} \times r_{SUTM})$$

$$U_{s3} = (\lambda_{TRAFO} \times r_{TRAFO}) + (\lambda_{SUTM} \times r_{SUTM})$$

Setelah laju kegagalan ( $\lambda$ ) dan ketersediaan komponen ( $U$ ) tiap *section* sudah ditemukan, selanjutnya mencari laju kegagalan pada *load point*:

$$\lambda_{LP2} = \lambda_{s2} = \lambda_{TRAFO} + \lambda_{SUTM} \dots \dots \dots (3.1)$$

$$u_{LP2} = U_{s2} = (\lambda_{TRAFO} \times r_{TRAFO}) + (\lambda_{SUTM} \times r_{SUTM}) \dots \dots \dots (3.2)$$

$$\lambda_{LP3} = \lambda_{s3} = \lambda_{TRAFO} + \lambda_{SUTM} \dots \dots \dots (3.3)$$

$$u_{LP3} = U_{s3} = (\lambda_{TRAFO} \times r_{TRAFO}) + (\lambda_{SUTM} \times r_{SUTM}) \dots \dots \dots (3.4)$$

Untuk load point LP1 yaitu mengkombinasikan antara rangkaian seri dan paralel antara LP2//LP3

$$\lambda_{LP2 \parallel LP3} = (\lambda_{LP2} \times \lambda_{LP3}) \times (r_{LP2} + r_{LP3})$$

$$U_{LP2 \parallel LP3} = (U_{LP2}) \times (U_{LP3})$$

Maka ;

$$\lambda_{LP1} = \lambda_{s1} + \lambda_{LP2 \parallel LP3} \dots \dots \dots (3.5)$$

$$U_{s1} = U_{s1} + U_{LP2 \parallel LP3} \dots \dots \dots (3.6)$$

- Setelah didapatkan laju kegagalan dan waktu ketersediaan komponen tiap load point kemudian dapat dihitung SAIDI, SAIFI pada masing masing load point yaitu dengan menggunakan rumus :

$$SAIFI = \frac{\sum NLP \times \lambda_{LP}}{\sum N} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

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

$N$  = Jumlah konsumen seluruh *load point*

$\lambda_{LP}$  = laju kegagalan seluruh peralatan pada *load point*

$$SAIDI = \frac{\sum N_{LP} \times U_{LP}}{\sum N} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

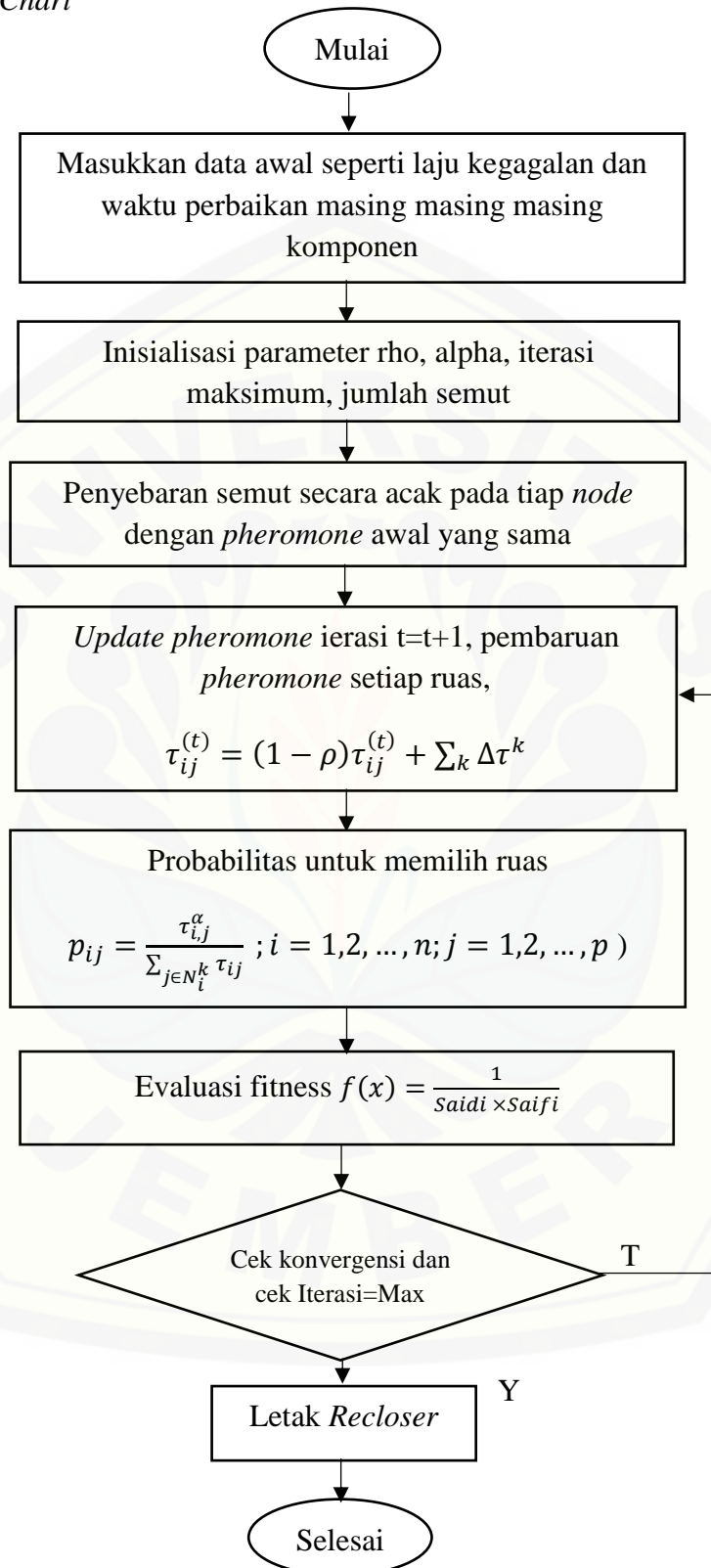
$N_{LP}$  = Jumlah konsumen pada *load point*

$N$  = Jumlah konsumen seluruh *load point*

$U_{LP}$  = total waktu ketersediaan peralatan pada *load point*

3. Data data laju kegagalan ( $\lambda$ ) dan ketersediaan komponen (U) akan dimasukkan pada sebuah program koloni semut, yang nantinya akan dioptimasi menggunakan algoritma koloni semut sehingga didapatkan letak *recloser* yang paling optimal pada penyulang Rambipuji Gardu Induk Jember.

## 3.4.4 Flow Chart



Gambar 3.3 Flow chart

### 3.4.5 Alur Kerja Sistem

1. Berdasarkan gambar 3.2 *flow chart* diatas dapat dijelaskan alur kerja sistem pada penelitian kali ini yaitu :

1. Memasukkan nilai laju kegagalan komponen dan waktu perbaikan masing masing komponen. Pada proses ini data laju kegagalan dan waktu perbaikan komponen yang dimasukkan yaitu dari 18 *section main feeder* dari hasil penggabungan *lateral feeder section* ke *main feeder section* pada sistem karena *recloser* harus ditempatkan pada *main feeder* .
2. Memasukkan inialisasi parameter rho, alpha, jumlah semut dan iterasi maksimum, karena algoritma koloni semut membutuhkan parameter parameter pengendali dalam optimasinya maka sebelum proses optimasi parameter yang sudah diuji dimasukkan.  $\alpha$  merupakan parameter bobot untuk nilai *pheromon* tiap lintasan yang dilalui oleh semut, sedangkan  $\rho$  merupakan parameter penguapan *pheromone* serta jumlah semut dan iterasi yang akan membatasi algoritma untuk menyebarkan jumlah semut dan membatasi nilai iterasi.
3. Semut akan menyebar dari sarang menuju tiap node dengan *pheromone* awal yang sama (  $\tau_{ij}^1$  ). Pada penelitian kali ini akan digunakan *node* sebanyak 18 karena *node* pada penelitian ini merupakan titik dimana *recloser* akan ditempatkan pada *main section*,
4. Setelah semut menyebar maka akan didapatkan nilai probabilitas dari tiap perjalanan semut (  $p_{ij}$  ) untuk memilih ruas menggunakan

$$p_{ij} = \frac{\tau_{ij}^{\alpha}}{\sum_{j \in N_i^k} \tau_{ij}} ; i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, p )$$

5. Setiap iterasi pada proses optimasi akan dilakukan evaluasi fitness

$$f(x) = \frac{1}{\text{Saidi} \times \text{Saifi}}$$

6. Uji konvergensi dari proses jika belum konvergen koloni smut akan kembali ke sarang dan memulai menyebar lagi untuk memulai mencari makanan, dan melakukan pembaruan *pheromone*. Untuk setting iterasi  $t=t+1$

$$\tau_{ij}^{(t)} = (1 - \rho)\tau_{ij}^{(t-1)} + \sum_k \Delta\tau^k$$

Dimana  $\tau_{ij}^{(old)}$  menyatakan jumlah *pheromone* dari iterasi sebelumnya yang tertinggal setelah penguapan tingkat penguapan dari *pheromone* dipengaruhi oleh  $\rho$ .

$$\tau_{ij}^{(old)} = (1 - \rho)\tau_{ij}^{(t-1)}$$

## 2. Alur Kerja Program Koloni Semut.

Langkah pertama yaitu menginisialisasi jumlah semut dan parameter yang digunakan pada program yaitu  $\rho$ ,  $\alpha$ , maksimum iterasi dan jumlah semut.

---

```

MaxIt =param(1);           % max iterasi
nPop  =param(2);           % jml Semut
alpha =param(3);           % alpha
rho   =param(4);           % Evaporation rate

```

---

Langkah kedua yaitu setelah parameter algoritma koloni semut diinisialisasikan maka selanjutnya semut akan menyebar kesemua node dan akan menghasilkan nilai dari matrix feromone awal.

---

```

T=ones(n_node,nVar)      %.*eps; % Pheromone Matrix

```

---

Setelah semut menyebar ke semua matris maka langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai probabilitas dari setiap node (menghitung nilai probabilitas dari

$p_{ij}$ , sesuai rumus  $p_{ij} = \frac{\tau_{ij}^\alpha}{\sum_{j \in N_i^k} \tau_{ij}}$ ;  $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $j = 1, 2, \dots, p$ )

---

```

for tour_i=1:nVar
prob(:,tour_i) = (T(:,tour_i).^alpha) ./ (sum(T(:,tour_i)));

```

---

Berikutnya mengevaluasi dan melakukan iterasi untuk setiap semut sehingga didapatkan nilai *best* semut untuk setiap iterasi, dan untuk setiap iterasi akan dievaluasi nilai dari fitness tiap iterasi apakah sudah konvergen kalau belum konvergen dengan nilai fungsi tujuan maka iterasi akan dilanjutkan dengan mengupdate nilai dari pheromone dan dilakukan iterasi kembali begitu seterusnya hingga didapatkan nilai yang konvergen.

---

```

timeStart = tic;
for iter=1:MaxIt
    % build matrix transition probabilities
    for tour_i=1:nVar
        prob(:,tour_i)= (T(:,tour_i).^alpha) ./ (sum(T(:,tour_i)));
    end
    for A=1:nPop
        % pilih node pakai transition probabilities yg tadi
        for tour_i=1:nVar
            node_sel=rand
            node_ind=1;
            prob_sum=0;
            for j=1:n_node
                prob_sum=prob_sum+prob(j,tour_i)
                if prob_sum>=node_sel
                    node_ind=j;
                    break
                end
            end
            % isi semut
            ant(A,tour_i)=node_ind;
        end
        cParams = zeros(1, nVar);
        for varNum=1:nVar
            cParams(varNum) = Nodes(ant(A, varNum), varNum);
        end
        cParams=simplebounds(cParams,Lb,Ub);
        semuaSemut(iter, A, :) =(cParams);
        % hitung cost semut ini
        cost(A)=CostFunction(round(cParams));
        % tambahan
        [a,fitness,b,saidi,c,saifi,d]=myCost(round(cParams));
        fit(A)=fitness;
        sd(A)=saidi;
        sf(A)=saifi;
    end
    % cari semut terbaik
    [cost_best,cost_best_ind]=min(cost);

    cost_saidi=min(sd);
    cost_saifi=min(sf);
    cost_fitness=max(fit);

    % simpan cost terbaik untuk iterasi saat ini -- untuk grafik

```

---



---

```

BestCost(iter) = cost_best;
% tambahan
BestSaidi(iter) = cost_saidi;
BestSaifi(iter) = cost_saifi;
BestFitness(iter) = cost_fitness;

cParams = zeros(1, nVar);
for varNum=1:nVar
    cParams(varNum) = Nodes(cost_best_ind, varNum),
varNum);
end

```

---

Untuk fungsi update pheromone akan dilakukan terus menerus tiap iterasi  $i=i+1$ , tiap penguapan pheromone ditentukan nilainya yaitu 0 sampai 1. Proses pengupdatean feromone yaitu seperti rumus  $\tau_{ij}^{(t)} = (1 - \rho)\tau_{ij}^{(t-1)} + \sum_k \Delta\tau^k$  dimana  $\tau_{ij}^{(old)}$  menyatakan jumlah pheromone dari iterasi sebelumnya yang tertinggal pada proses setelah penguapan  $\tau_{ij}^{(old)} = (1 - \rho)\tau_{ij}^{(t-1)}$  berikut merupakan bagian program untuk proses pengupdatean pheromone:

---

```

% update feromone
T= (1-rho).*T;
T= T + dT;

```

---

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari analisis dan pembahasan dari bab sebelumnya maka dapat diambil beberapa kesimpulan dari penelitian ini yaitu :

1. Penempatan *recloser* pada penyulang Rambipuji Gardu Induk Jember menurut perhitungan pada penelitian ini didapatkan letak yang paling optimal berada pada *section 4*.
2. Dari optimasi penempatan *recloser* dengan menggunakan algoritma koloni semut dihasilkan titik yang paling optimum pada *section 4* dapat diketahui nilai indeks keandalan sistem SAIFI dan SAIDI sebelum dan sesudah ditempatkan *recloser* pada titik yang paling optimal yaitu pada *section 4* dengan nilai indeks keandalan SAIFI sebelum yaitu 2,1814 kegagalan/pelanggan/tahun dan setelah ditempatkan *recloser* pada titik yang paling optimum (*section 4*) didapatkan nilai indeks keandalan SAIFI sebesar 1,7449 kegagalan/pelanggan/tahun, dan indeks keandalan SAIDI sebelum yaitu 4,9835 jam/pelanggan/tahun dan setelah ditempatkan *recloser* pada titik yang paling optimum (*section 4*) didapatkan nilai indeks keandalan SAIDI sebesar 3,6524 jam/pelanggan/tahun.
3. Nilai reduksi SAIFI sebesar 0,4365 kegagalan/pelanggan/tahun dan nilai reduksi SAIDI sebesar 1,331 jam/pelanggan/tahun atau 79,886 menit/pelanggan/tahun.

### 5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan penulis menyadari bahwa ada berbagai macam kekurangan yang terdapat dalam tugas akhir ini. Sehingga penyempurnaan kedepannya sangat dibutuhkan agar analisis dapat lebih tepat dan sistem distribusi jadi lebih handal. Berikut merupakan beberapa saran dari penelitian yang sudah dilakukan yaitu :

1. Perlu dikembangkan analisis dengan metode lain.
2. Perlu dikembangkan analisis pada penyulang lain.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Abraham Silaban. 2009. *Studi Tentang Penggunaan Recloser Pada Sistem Jaringan Distribusi 20 KV*. Sumatra Utara : Departemen Teknik Elektro Universitas Sumatra Utara.
- Andhi Akhmal I, Samiadji H, Priyatmadi. 2012. Penerapan Algoritma Ant System Dalam Menemukan Jalur Optimal Pada *Traveling Salesmen Problem ( TSP ) Dengan Kekangan Kondisi Jalan*. Jurnal : JNTETI, Vol. 1, No.
- Achmad Fatoni. 2016. *Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT.PLN Rayon Lumajang dengan Metode FMEA ( Failure Modes and Effect Analysis )*. Jurnal : Institut Teknologi Sepuluh November.
- Agus Leksono. 2009. *Algoritma Ant Colony Optimization ( ACO ) Untuk Menyelesaikan Traveling Salesman Problem ( TSP )*. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Dewi Nur K, 2015. *Penentuan Letak Kapasitas Kapasitor menggunakan Ant Colony Optimization Untuk pengurangan Rugi Daya Pada Sistem 150 KV Area Tapal Kuda*. Jember : Universitas Jember.
- Ernaeli. 2014. *Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi tenaga Listrik Berdasarkan Indeks Keandalan SAIDI dan SAIFI Pada PT PLN ( Persero ) Rayon Bagan Batu Tahun 2015*. Jurnal ISSN : 2252-3472.
- Lingfeng Wang, 2006. *Realibility-Constrained Optimum Recloser Placement in Distributed Generation Using Ant Colony System Algorithm*. Texas : Department of Electrican And Computer Engineering. Jurnal IEEE.
- Mega Firdausi N, Hery Purnomo, Ir.,M.T. 2016. *Analisis Koordinasi Rele Arus Lebih Dan Penutup Balik Otomatis ( Recloser ) Pada Penyulang Junrejo 20 kVGardu Induk Sengkaling Akibat Gangguan Arus Hubung Singkat*. Malang. Jurnal : Universitas Brawijaya.
- Putra Perdana W, Rini Nur H, Harry S. 2009. *Evaluasi Keandalan Sistem Tenaga Listrik Pada Jaringan Distribusi Primer Tipe Radial Gardu Induk Blimbing*. Jurnal : EEEICIS Vol III no. 1
- Radiktyo Nindyos S, Dr.Ir. Hermawan, DEA. 2016. *Optimasi Penempatan Recloser Terhadap Keandalan Sistem Tenaga Listrik Dengan Algoritma Genetika*. Semarang. Jurnal : Universitas Diponegoro.

Rukmi Sari Hartanti, I Wayan ,S. 2010. *Penerapan Metode Pendekatan Teknik Untuk Meningkatkan Keandalan Sistem Distribusi*. Bali. Jurnal : Universitas Udayana.

Yazid Khoirul Anwar, 2016. *Desain Perangkat Lunak Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Studi Kasus Penyulang Gambiran Area Banyuwangi*. Jember : Universitas Jember.



## LAMPIRAN

Tabel 1. Data Transformator Penyulang Rambipuji

kode feeder	Trafo	Alamat	fasa	Daya (kva)	Pelanggan	Merk	Tahun
RMBPJ	GD217	DS. JUBUNG	3	50	1	UNINDO	1998
RMBPJ	GD094	DS. JUBUNG	3	160	122	STARLITE	1991
RMBPJ	GD008	DS. KALIWINIING	3	200	102	UNINDO	1996
RMBPJ	GD004	DS. RAMBI GUNDAM	3	250	423	STARLITE	1991
RMBPJ	GD005	DS. RAMBIPUJI	3	200	476	BAMBANG DJAJA	1988
RMBPJ	GD070	DS. RAMBIPUJI	3	150	749	MITSUBISHI	1976
RMBPJ	GD116	DS. RAMBIPUJI	3	200	727	BAMBANG DJAJA	2008
RMBPJ	GD117	DS. RAMBIPUJI	3	250	542	UNINDO	1992
RMBPJ	GD013	DS. RAMBIPUJI	3	160	417	UNINDO	1997
RMBPJ	GD006	DS. RAMBIPUJI	3	160	386	TRAFINDO	2010
RMBPJ	GD059	DS. JUBUNG LOR	3	160	782	STARLITE	1991
RMBPJ	GD134	DS. CURAH KALONG	3	100	569	STARLITE	2010
RMBPJ	GD204	DS. KALIWINING	3	100	1	STARLITE	1991
RMBPJ	GD148	DS. KALIWINING	3	160	317	TRAFINDO	2011
RMBPJ	GD140	DS. KALIWINING	3	100	317	BAMBANG DJAJA	2011
RMBPJ	GD236	DS. CURAH SUKO	3	250	1	STARLITE	1991
RMBPJ	GD235	DS. CURAH WELUT	3	100	1	TRAFINDO	1992
RMBPJ	GD051	DS. CURAH KENDAL	3	160	46	UNINDO	1992
RMBPJ	GD230	DS. CURAH SUKO	3	160	16	VOLTRA	2013
RMBPJ	GD142	DS. CURAH SUKO	3	200	388	UNINDO	1981
RMBPJ	GD069	DS. KALIWINING	3	100	327	UNINDO	1996
RMBPJ	GD014	DS. PECORO	3	200	434	UNINDO	1994
RMBPJ	GD015	DS. PETUNG	3	200	81	STARLITE	1993
RMBPJ	GD240	DS. PETUNG	3	100	1	STARLITE	2012
RMBPJ	GD239	DS. PECORO	3	200	1	TRAFINDO	2016
RMBPJ	GD072	DS. PETUNG	3	160	207	TRAFINDO	2008
RMBPJ	GD087	DS. PETUNG	3	100	110	BAMBANG DJAJA	2006
RMBPJ	GD007	DS. RAMBI GUNDAM	3	200	912	TRAFINDO	2009
RMBPJ	GD205	DS. RAMBI GUNDAM	3	160	200	TRAFINDO	1992
RMBPJ	GD119	DS. RAMBI GUNDAM	3	100	443	BAMBANG DJAJA	2010
RMBPJ	GD012	DS. RAMBI GUNDAM	3	160	457	UNINDO	1995
RMBPJ	GD035	DS. GLAGAH WERO	3	160	700	UNINDO	1993
RMBPJ	GD036	DS. PANTI	3	160	575	BAMBANG DJAJA	1998
RMBPJ	GD075	DS. DUKUH MENCEK	3	100	273	SINTRA	2013
RMBPJ	GD183	DS. DUKUH MENCEK	3	160	452	TRAFINDO	1994
RMBPJ	GD213	DS. RAMBI GUNDAM	3	100	1	TRAFINDO	2013
RMBPJ	GD088	DS. DUKUSIA	3	100	122	BAMBANG DJAJA	2011

RMBPJ	GD184	DS. GUGUT	3	160	377	UNINDO	1986
RMBPJ	GD132	DS. RAMBI GUNDAM	3	160	595	STARLITE	2010
RMBPJ	GD181	D04051D03	3	250	162	BAMBANG DJAJA	2014
RMBPJ	GD033	DS. GLAGAH WERO	3	160	252	TRAFINDO	1986
RMBPJ	GD034	DS. KEMUNINGSARI LOR	3	160	446	BAMBANG DJAJA	1996
RMBPJ	GD025	DS. KEMUNINGSARI LOR	3	25	680	STARLITE	1995
RMBPJ	GD192	DS. KEMUNINGSARI LOR	3	100	208	TRAFINDO	2013
RMBPJ	GD062	DS. SUMBER GEBANG	3	160	737	VOLTRA	2013
RMBPJ	GD219	DS. KEMUNINGSARI LOR	3	160	60	STARLITE	1991
RMBPJ	GD096	DS. BANJARSARI	3	100	531	BAMBANG DJAJA	2014
RMBPJ	GD191	DS. KEMUNINGSARI LOR	3	160	85	TRAFINDO	2012
RMBPJ	GD193	DS. PAKIS	3	160	220	BAMBANG DJAJA	1993
RMBPJ	GD212	DS. CEMPAKA PAKIS	3	100	80	TRAFINDO	1983
RMBPJ	GD098	DS. BADEAN	3	160	143	BAMBANG DJAJA	2008
RMBPJ	GD031	DS. BADEAN	3	50	579	UNINDO	1998
RMBPJ	GD048	DS. BADEAN	3	50	851	STARLITE	2012
RMBPJ	GD209	DS. PAKIS UTARA	3	100	185	STARLITE	2010
RMBPJ	GD092	DS. PRAPAH	3	50	596	STARLITE	1989
RMBPJ	GD093	DS. PRAPAH	3	100	591	SINTRA	2015
RMBPJ	GD063	DS.SERUT	3	100	583	UNINDO	1984
RMBPJ	GD141	DS. PANTI	3	200	283	STARLITE	2010
RMBPJ	GD162	DS. TAMENGAN	3	100	551	BAMBANG DJAJA	2011
RMBPJ	GD130	DS. DUKUH MENCEK	3	200	486	BAMBANG DJAJA	2010
RMBPJ	GD178	DS. SERUT	3	160	50	BAMBANG DJAJA	2006
RMBPJ	GD206	DS. SUCI PANTI	3	100	358	BAMBANG DJAJA	2003
RMBPJ	GD053	DS. SUCI	3	160	471	BAMBANG DJAJA	2015
RMBPJ	GD084	DS. KEMIRI	3	100	361	BAMBANG DJAJA	2007
RMBPJ	GD189	DS. KEMIRI	3	100	144	BAMBANG DJAJA	2010
RMBPJ	GD224	DS. KEMIRI	3	100	231	VOLTRA	2012
RMBPJ	GD225	DS. KEMIRI	3	100	69	BAMBANG DJAJA	2012
RMBPJ	GD172	DS. BADEAN	3	100	439	TRAFINDO	1990
RMBPJ	GD047	DS. SERUT	3	100	257	BAMBANG DJAJA	2007
RMBPJ	GD188	DS. SUCI	3	100	217	TRAFINDO	1992
RMBPJ	GD083	DS. KEMIRI PANTI	3	100	612	BAMBANG DJAJA	2009
RMBPJ	GD137	DS. SUCI	3	100	396	BAMBANG DJAJA	2011
RMBPJ	GD026	DS. SUCI	3	100	65	UNINDO	1988
RMBPJ	GD030	DS. SUCI	3	50	605	BAMBANG DJAJA	1992
RMBPJ	GD214	DS. SUCI PANTI	3	100	129	TRAFINDO	2013
RMBPJ	GD068	DS. SENTOL	3	50	298	SINTRA	2009

RMBPJ	GD049	DS. KEMIRI	3	50	560	BAMBANG DJAJA	2006
RMBPJ	GD221	DS. KEMIRI	3	100	40	VOLTRA	2012
RMBPJ	GD222	DS. KEMIRI	3	100	58	VOLTRA	2012
RMBPJ	GD223	DS. KEMIRI	3	100	75	VOLTRA	2012

Tabel 2. Perhitungan laju kegagalan dan durasi kegagalan *main feeder*

no	LP	PMT		SUTM			TRAFO		LBS		trafo	N	Total	
		$\lambda$	r	$\lambda$	r	Panjang	$\lambda$	r	$\lambda$	r			$\lambda$	U
1	1	0,004	10	0,2	3	8,5	0	0	0,003	10		0	1,707	5,17
2	2	0	0	0,2	3	1,04	0,005	10	0	0	GD94	122	1,92	5,844
3	3	0	0	0,2	3	1,02	0,005	10	0	0	GD008	102	2,129	6,506
4	4	0	0	0,2	3	1,87	0,005	10	0,003	10	GD004	900	2,511	7,708
5	5	0	0	0,2	3	0,99	0,005	10	0	0	GD007	612	2,714	8,352
6	6	0	0	0,2	3	0,92	0,005	10	0	0	GD205	200	2,903	8,954
7	7	0	0	0,2	3	0,65	0,005	10	0	0	GD119	443	3,038	9,394
8	8	0	0	0,2	3	1,74	0,005	10	0	0	GD12	457	3,391	10,49
9	9	0	0	0,2	3	1,86	0,005	10	0	0	GD035	700	3,768	11,65
10	10	0	0	0,2	3	0,95	0,005	10	0	0	GD036	575	3,963	12,27
11	11	0	0	0,2	3	0,85	0,005	10	0	0	GD075	273	4,138	12,83
12	12	0	0	0,2	3	2,42	0,005	10	0,003	10	GD183	452	4,63	14,37
13	13	0	0	0,2	3	1,73	0,005	10	0	0	GD178	50	4,981	15,45
14	14	0	0	0,2	3	2,43	0,005	10	0	0	GD206	358	5,472	16,96
15	15	0	0	0,2	3	1,17	0,005	10	0	0	GD084	361	5,711	17,71
16	16	0	0	0,2	3	1,91	0,005	10	0	0	GD189	144	6,098	18,91
17	17	0	0	0,2	3	0,97	0,005	10	0	0	GD224	231	6,297	19,54
18	18	0	0	0,2	3	0,88	0,005	10	0	0	GD225	69	6,478	20,12
TOTAL						31,9								

Tabel 3. perhitungan laju kegagalan dan durasi kegagalan *lateral feeder*

Section 19					
peralatan	failure rate	panjang (km)	$\lambda$	r	U
T1(GD059)	0,005	1	0,005	10	0,05
FCO1(CO59)	0,003	1	0,003	0,25	0,00075
L1(FCO1 KE GD059)	0,2	1,5	0,3	3	0,9

section 19							
kode	perhitungan	$\lambda$	U	r	N	SAIFI	SAIDI
A	L1.T1.FCO1	0,308	0,951	3,087	782	0,0556	0,1689
B	A.LP1	2,015	6,121	3,038			
TOTAL			6,121	3,038			

section 20					
peralatan	failure rate	panjang (km)	$\lambda$	r	U
T1(GD248)	0,005	1	0,005	10	0,05
T2(GD217)	0,005	1	0,005	10	0,05
T3(GD134)	0,005	1	0,005	10	0,05
L1(GD248)	0,2	0,53	0,106	3	0,318
L2(GD248 KE GD217)	0,2	0,82	0,164	3	0,492
L3(GD217 KE GD134)	0,2	0,82	0,164	3	0,492
FCO1(CO134)	0,003	1	0,003	0,25	0,00075

section 20							
kode	perhitungan	$\lambda$	U	r	N	SAIFI	SAIDI
LP20(GD248)	L1.T1.	0,005	0,368	73,600	45		
LP21(GD217)	L2.T2	0,169	0,542	3,207	11		
LP22(GD134)	L3.T3.FCO1	0,172	0,543	3,156	569		
A	LP1.LP2	0,174	0,910	5,230			
B	A.L3	0,346	1,453	4,199			
C	B.LP1	2,053	6,623	3,226			
TOTAL		2,053	6,623	3,164	625	0,0453	0,1460



section21					
peralatan	failure rate	panjang (km)	$\lambda$	r	U
T1(GD204)	0,005	1	0,005	10	0,05
T2(GD148)	0,005	1	0,005	10	0,05
T3(GD140)	0,005	1	0,005	10	0,05
T4(GD235)	0,005	1	0,005	10	0,05
T5(GD51)	0,005	1	0,005	10	0,05
T6(GD230)	0,005	1	0,005	10	0,05
T7(GD142)	0,005	1	0,005	10	0,05
T8(GD236)	0,005	1	0,005	10	0,05
T9(GD237)	0,005	1	0,005	10	0,05
L1(LBS KE GD148)	0,2	0,97	0,194	3	0,582
L2(GD204 KE GD148)	0,2	1,33	0,266	3	0,798
L3(GD148 KE GD140)	0,2	0,85	0,17	3	0,51
L4(FCO235 KE GD235)	0,2	1,25	0,25	3	0,75
L5(GD235 KE GD51)	0,2	1,3	0,26	3	0,78
L6(GD140 KE FCO 230 )	0,2	1,07	0,214	3	0,642
L7(FCO230 KE GD230)	0,2	0,62	0,124	3	0,372
L8(GD230 KE GD142)	0,2	0,72	0,144	3	0,432
L9( FCO230 KE GD237)	0,2	1,26	0,252	3	0,756
FCO1 (CO140)	0,003	1	0,003	0,25	0,00075
FCO2(CO235)	0,003	1	0,003	0,25	0,00075
FCO3(CO230)	0,003	1	0,003	0,25	0,00075
LBS1	0,003	1	0,003	10	0,03

section 21							
kode	perhitungan	$\lambda$	U	r	N	SAIFI	SAIDI
LP23(GD204)	T1.L1.LBS1	0,202	0,662	3,277	58		
LP24(GD148)	T2.L2	0,271	0,848	3,129	317		
LP25(140)	T3.L3	0,175	0,560	3,200	317		
LP26(235)	T4.L4.FCO2	0,258	0,801	3,104	1		
LP27(GD051)	L5.T5	0,265	0,830	3,132	46		
LP28(GD230)	L6.T6.FCO3	0,222	0,692	3,117	16		
LP29(GD142)	L7.T7	0,129	0,422	3,271	388		
LP30(GD236)	L8.L9	0,396	1,188	3,000	1		
LP31(GD237)	L9.T9	0,257	0,806	3,136	1		
A	LP28.LP29	0,351	1,114	3,174			
B	LP30.LP31	0,653	1,994	3,054			
C	A//B	1,427	2,221	1,556			
D	C.LP25	1,602	2,781	1,736			
E	LP27.LP26	0,523	1,631	3,118			
F	E//D	4,068	4,536	1,115			
G	LP23.LP24	0,473	1,510	3,192			
H	F.G	4,541	6,046	1,331			
I	H.LP2	4,754	6,720	1,414			
TOTAL		4,754	6,720		1145	0,1920	0,2715

section 22					
peralatan	failure rate	panjang (km)	$\lambda$	r	U
T1(GD005)	0,005	1	0,005	10	0,05
T2(GD070)	0,005	1	0,005	10	0,05
T3(GD001)	0,005	1	0,005	10	0,05
T4(GD116)	0,005	1	0,005	10	0,05
T5(GD117)	0,005	1	0,005	10	0,05
T6(GD13)	0,005	1	0,005	10	0,05
T7(GD069)	0,005	1	0,005	10	0,05
T8(GD06)	0,005	1	0,005	10	0,05
T9(GD239)	0,005	1	0,005	10	0,05
T10(GD014)	0,005	1	0,005	10	0,05
T11(GD015)	0,005	1	0,005	10	0,05
T12(GD072)	0,005	1	0,005	10	0,05
T13(GD240)	0,005	1	0,005	10	0,05
T14(GD087)	0,005	1	0,005	10	0,05
L1(GD005 KE GD70)	0,2	0,52	0,104	3	0,312
L2(GD70 KE GD001)	0,2	0,44	0,088	3	0,264
L3(GD70 KE GD116)	0,2	0,55	0,11	3	0,33
L4(GD1 KE GD117)	0,2	0,47	0,094	3	0,282
L5(GD117 KE GD13)	0,2	0,65	0,13	3	0,39
L6(GD117 KE GD6)	0,2	1,5	0,3	3	0,9
L7(GD13 KE GD69)	0,2	0,7	0,14	3	0,42
L8(GD6 KE FCO239)	0,2	1,8	0,36	3	1,08
L9(FCO239 KE GD239)	0,2	1,1	0,22	3	0,66
L10(FCO239 KE C072)	0,2	1,2	0,24	3	0,72
L11(CO72 KE GD240)	0,2	0,7	0,14	3	0,42
L12(CO87 KE GD240)	0,2	0,6	0,12	3	0,36
L13(CO87 KE GD87)	0,2	0,8	0,16	3	0,48
FCO1(CO69)	0,3	1	0,3	0,25	0,075
FCO2(CO239)	0,3	1	0,3	0,25	0,075
FCO3(CO72)	0,3	1	0,3	0,25	0,075
FCO4(CO87)	0,3	1	0,3	0,25	0,075
LBS1(LBS PECORO)	0,3	1	0,3	10	3
L14(CO72 KE GD72)	0,2	0,3	0,06	3	0,18

section 22							
kode	perhitungan	$\lambda$	U	r	N	SAIFI	SAIDI
LP32(GD005)	T1.L1	0,109	0,362	3,321	476		
LP33(GD070)	T2.L2	0,093	0,314	3,376	749		
LP34(GD001)	T3.L3	0,115	0,380	3,304	25		
LP35(GD116)	T4.L4	0,099	0,332	3,354	727		
LP36(GD117)	T5.L5	0,135	0,440	3,259	542		
LP37(GD013)	T6.L6	0,305	0,950	3,115	417		
LP38(GD069)	T7.L7.FCO1	0,445	0,545	1,225	327		
LP39(GD006)	T8.L8	0,365	1,130	3,096	386		
LP40(GD239)	T9.L9	0,525	0,785	1,495	1		
LP41(GD014)	T10.L10	0,245	0,770	3,143	434		
LP42(GD015)	T11.L11	0,145	0,470	3,241	81		
LP43(GD072)	T12.L14.FCO3	0,365	0,305	0,836	207		
LP44(GD240)	T13.L12	0,125	0,410	3,280	1		
LP45(GD087)	T14.L13	0,165	0,530	3,212	110		
A	LP45//LP44	0,134	0,217	1,623			
B	A.LP42	0,279	0,687	2,464			
C	B//LP43	0,336	0,210	0,624			
D	C.LP41	0,581	0,980	1,686			
E	D//LP40	0,970	0,769	0,793			
F	E.LP39	1,335	1,899	1,422			
G	LP37.LP38	0,750	1,495	1,993			
H	F//G	3,421	2,839	0,830			
I	H//LP36	1,888	1,249	0,662			
J	I.LP34	2,003	1,629	0,813			
K	J.LP33	2,096	1,943	0,927			
L	K.LP32	2,205	2,305	1,045			
M	L.LP4	2,587	3,507	1,356			
TOTAL		2,587	3,507		4483	0,4092	0,5547

section 23					
peralatan	failure rate	panjang (km)	$\lambda$	r	U
T1(GD213)	0,005	1	0,005	10	0,05
T2(GD088)	0,005	1	0,005	10	0,05
T3(GD184)	0,005	1	0,005	10	0,05
T4(GD046)	0,005	1	0,005	10	0,05
L1(FCO1 KE GD88)	0,2	1	0,2	3	0,6
L2(FCO1 KE GD213)	0,2	0,36	0,072	3	0,216
L3(GD88 KE GD184)	0,2	1,1	0,22	3	0,66
L4(GD184 KE GD46)	0,2	0,5	0,1	3	0,3
FCO1(CO88)	0,003	1	0,003	0,25	0,00075

section 23							
kode	perhitungan	$\lambda$	U	r	N	SAIFI	SAIDI
LP46(GD213)	T1.L1	0,205	0,650	3,171	12		
LP47(GD088)	T2.L2	0,077	0,266	3,455	122		
LP48(GD184)	T3.L3	0,225	0,710	3,156	377		
LP49(GD046)	T4.L4	0,105	0,350	3,333	828		
A	LP49.LP48	0,330	1,060	3,212			
B	A.LP47	0,407	1,326	3,258			
C	B//LP46	0,536	0,862	1,607			
D	C.FCO1	0,539	0,863	1,599			
E	D.LP5	0,742	1,507	2,029			
TOTAL		0,742	1,507	2,029	1339	0,0351	0,0712

section 24					
peralatan	failure rate	panjang (km)	$\lambda$	r	U
T1(GD95)	0,005	1	0,005	10	0,05
T2(GD132)	0,005	1	0,005	10	0,05
FCO1(CO95)	0,003	1	0,003	0,25	0,00075
L1(FCO95 KE GD95)	0,2	0,37	0,074	3	0,222
L2(GD95 KE GD132)	0,2	0,34	0,068	3	0,204

section 24							
kode	perhitungan	$\lambda$	U	r	N	SAIFI	SAIDI
LP50(GD095)	L1.FCO1.T1	0,082	0,273	3,326	595		
LP51(GD132)	L2.T2	0,073	0,254	3,479	595		
A	LP50.LP51	0,155	0,527	3,398			
B	A.LP2	0,358	1,171	3,270			
TOTAL		0,358	1,171		1190	0,0150	0,0492

section 25					
peralatan	failure rate	panjang (km)	$\lambda$	r	U
T1(GD181)	0,005	1	0,005	10	0,05
L1(FCO181 KE GD181)	0,2	0,7	0,14	3	0,42
FCO1(CO181)	0,003	1	0,003	0,25	0,00075

section 25							
kode	perhitungan	$\lambda$	U	r	N	SAIFI	SAIDI
LP52(GD181)	T1.L1.FCO1	0,148	0,4708	3,1807	162		
A	LP52.LP8	0,501	1,5648	3,1233			
TOTAL		0,501	1,5648	3,1233		0,0029	0,0089

section 26					
peralatan	failure rate	panjang (km)	$\lambda$	r	U
T1(GD33)	0,005	1	0,005	10	0,05
L1(FCO33 KE GD33)	0,2	0,6	0,12	3	0,36
FCO1(CO33)	0,003	1	0,003	0,25	0,00075

section 26							
kode	perhitungan	$\lambda$	U	r	N	SAIFI	SAIDI
LP53(GD033)	T1.L1.FCO1	0,128	0,411	3,2090	252		
A	LP53.LP8	0,481	1,505	3,1284			
TOTAL						0,0043	0,0134

section 27					
peralatan	failure rate	panjang (km)	$\lambda$	r	U
T1(GD062)	0,005	1	0,005	10	0,05
T2(GD034)	0,005	1	0,005	10	0,05
T3(GD219)	0,005	1	0,005	10	0,05
T4(GD096)	0,005	1	0,005	10	0,05
T5(GD25)	0,005	1	0,005	10	0,05
T6(GD192)	0,005	1	0,005	10	0,05
T7(GD191)	0,005	1	0,005	10	0,05
T8(GD193)	0,005	1	0,005	10	0,05
T9(GD212)	0,005	1	0,005	10	0,05
T10(GD209)	0,005	1	0,005	10	0,05
T11(GD31)	0,005	1	0,005	10	0,05
T12(GD098)	0,005	1	0,005	10	0,05
T13(GD048)	0,005	1	0,005	10	0,05
L1(LBS1 KE CO62)	0,2	1,22	0,244	3	0,732
L2(CO62 KE GD062)	0,2	1,2	0,24	3	0,72
L3(CO62 KE CO219)	0,2	1,1	0,22	3	0,66
L4(CO219 KE GD219)	0,2	0,97	0,194	3	0,582
L5(GD219 KE GD96)	0,2	1,3	0,26	3	0,78
L6(CO219 KE GD25)	0,2	0,8	0,16	3	0,48
L7(GD25 KE GD192)	0,2	1,13	0,226	3	0,678
L8(GD192 KE GD191)	0,2	0,63	0,126	3	0,378
L9(GD191 KE CO209)	0,2	1,1	0,22	3	0,66
L10(CO209 KE GD209)	0,2	1,12	0,224	3	0,672
L11(CO209 KE GD193)	0,2	0,3	0,06	3	0,18
L12(GD193 KE GD212)	0,2	1,13	0,226	3	0,678
L13(LBS2 KE CO31)	0,2	0,65	0,13	3	0,39
L14(CO31 KE GD31)	0,2	0,2	0,04	3	0,12
L15(CO31 KE CO48)	0,2	0,53	0,106	3	0,318
L16(CO48 KE GD98)	0,2	0,08	0,016	3	0,048
L17(CO48 KE GD48)	0,2	1,5	0,3	3	0,9
BS1(LBS GLAGAHWERO)	0,003	1	0,003	10	0,03
LBS2(LBS SANTI)	0,003	1	0,003	10	0,03
FCO1(CO62)	0,003	1	0,003	0,25	0,00075
FCO2(CO219)	0,003	1	0,003	0,25	0,00075
FCO3(CO31)	0,003	1	0,003	0,25	0,00075
FCO4(CO48)	0,003	1	0,003	0,25	0,00075
FCO5(CO209)	0,003	1	0,003	0,25	0,00075

section 27							
kode	perhitungan	$\lambda$	U	r	N	SAIFI	SAIDI
LP54(GD062)	T1.L2	0,248	0,771	3,108	737		
LP55(GD034)	T2.L3	0,225	0,710	3,156	446		
LP56(GD219)	T3.L4.FCO2	0,202	0,633	3,132	60		
LP57(GD096)	T4.L5	0,265	0,830	3,132	531		
LP58(GD25)	T5.L6	0,165	0,530	3,212	680		
LP59(GD192)	T6.L7	0,231	0,728	3,152	208		
LP60(GD191)	T7.L8.LBS2	0,134	0,458	3,418	85		
LP61(GD193)	T8.L11	0,065	0,230	3,538	220		
LP62(GD212)	T9.L12	0,231	0,230	0,996	80		
LP63(GD209)	T10.L10.FCO5	0,232	0,723	3,115	185		
LP64(GD31)	T11.L13.FCO3	0,138	0,441	3,194	579		
LP65(GD098)	T12.L14	0,231	0,170	0,736	149		
LP66(GD048)	T13.L17.FCO4	0,308	0,951	3,087	851		
A	LP65//LP66	0,272	0,162	0,594			
B	A//LP64	0,142	0,071	0,501			
C	LP62.LP61	0,296	0,460	1,554			
D	C//LP63	0,321	0,332	1,037			
E	D.L9	0,541	0,992	1,836			
F	E.LP60	0,675	1,450	2,150			
G	F//B	0,254	0,103	0,406			
H	G.LP60	0,388	0,561	1,446			
I	H.LP58	0,553	1,091	1,972			
J	LP56.LP57	0,467	1,463	3,132			
K	I//J	1,319	1,596	1,210			
L	K.LP55	1,544	2,306	1,494			
M	L//LP54	1,762	1,778	1,009			
N	M.L1.LBS1	2,009	2,540	1,264			
O	N.LP8	2,362	3,634	1,538			
TOTAL		2,362	3,634		4811	0,4009	0,6168

section 28					
peralatan	failure rate	panjang (km)	$\lambda$	r	U
T1(GD092)	0,005	1	0,005	10	0,05
T2(GD093)	0,005	1	0,005	10	0,05
T3(GD248)	0,005	1	0,005	10	0,05
T4(GD063)	0,005	1	0,005	10	0,05
FCO1(CO92)	0,003	1	0,003	0,25	0,00075
FCO2(CO63)	0,003	1	0,003	0,25	0,00075
L1(CO92 KE CO63)	0,2	0,7	0,14	3	0,42
L2(CO63 KE GD63)	0,2	1,1	0,22	3	0,66
L3(CO63 KE GD93)	0,2	0,3	0,06	3	0,18
L4(GD93 KE GD248)	0,2	1,12	0,224	3	0,672

section 28							
kode	perhitungan	$\lambda$	U	r	N	SAIFI	SAIDI
LP67(GD092)	T1.L1.FCO1	0,148	0,471	3,181	596		
LP68(GD093)	T2.L3	0,065	0,230	3,538	591		
LP69(GD248)	T3.L4	0,229	0,722	3,153	103		
LP70(GD063)	T4.L2.FCO2	0,228	0,711	3,117	583		
A	LP68.LP69	0,294	0,952	3,238			
B	A//LP70	0,426	0,677	1,588			
C	B.LP67	0,574	1,147	1,999			
D	C.LP9	0,951	2,313	2,433			
TOTAL		0,951	2,313	2,433	1873	0,0628	0,1529

section 29					
peralatan	failure rate	panjang (km)	$\lambda$	r	U
T1(GD141)	0,005	1	0,005	10	0,05
L1(FCO141 KE GD141)	0,2	0,5	0,1	3	0,3
FCO1(CO141)	0,003	1	0,003	0,25	0,00075

section 29							
kode	perhitungan	$\lambda$	U	r	N	SAIFI	SAIDI
LP71(GD141)	T1.L1.FCO1	0,108	0,351	3,248	283		
A	LP71.LP9	0,485	1,517	3,127			
TOTAL		0,485	1,517		283	0,0048	0,0151

section 30					
peralatan	failure rate	panjang (km)	$\lambda$	r	U
T1(GD162)	0,005	1	0,005	10	0,05
L1(CO162 KE GD162)	0,2	0,95	0,19	3	0,57
FCO1(CO162)	0,003	1	0,003	0,25	0,00075

section 30							
kode	perhitungan	$\lambda$	U	r	N	SAIFI	SAIDI
LP72	T1.L1.FCO1	0,198	0,62075	3,13510101	551		
A	LP72.LP11	0,373	1,18075	3,1655496			
TOTAL		0,373	1,18075		551	0,0073	0,0230

section 31					
peralatan	failure rate	panjang (km)	$\lambda$	r	U
T1(GD130)	0,005	1	0,005	10	0,05
L1(CO130 KE GD130)	0,2	0,34	0,068	3	0,204
FCO1(CO130)	0,003	1	0,003	0,25	0,00075

section 31							
kode	perhitungan	$\lambda$	U	r	N	SAIFI	SAIDI
LP73	T1.L1.FCO1	0,076	0,2548	3,352	486		
A	LP73.LP12	0,568	1,7868				
TOTAL		0,568	1,7868		486	0,0097	0,0306

section 32					
peralatan	failure rate	panjang (km)	$\lambda$	r	U
T1(GD172)	0,005	1	0,005	10	0,05
L1(CO172 KE GD172)	0,2	0,6	0,12	3	0,36
FCO1(CO172)	0,003	1	0,003	0,25	0,00075

section 32							
kode	perhitungan	$\lambda$	U	r	N	SAIFI	SAIDI
LP74(GD172)	T1.L1.FCO1	0,128	0,411	3,209	439	0,0096	0,0301
A	LP12.LP74	0,62	1,943	3,133			

section 33					
peralatan	failure rate	panjang (km)	$\lambda$	r	U
T1(GD47)	0,005	1	0,005	10	0,05
L1(CO47 KE GD47)	0,2	0,43	0,086	3	0,258
FCO1(CO47)	0,003	1	0,003	0,25	0,00075

section 33							
kode	perhitungan	$\lambda$	U	r	N	SAIFI	SAIDI
LP75(GD172)	T1.L1.FCO1	0,094	0,309	3,285	257		
A	LP75.LP13	0,445	1,397				
TOTAL		0,445	1,397		257	0,00404	0,01267

section 34					
peralatan	failure rate	panjang (km)	$\lambda$	r	U
T1(GD53)	0,005	1	0,005	10	0,05
L1(CO53 KE GD53)	0,2	0,32	0,064	3	0,192
FCO1(CO53)	0,003	1	0,003	0,25	0,00075

section 34							
kode	perhitungan	$\lambda$	U	r	N	SAIFI	SAIDI
LP76(GD172)	T1.L1.FCO1	0,072	0,243	3,372	471		
A	LP76.LP14	0,563	1,751	3,110			
TOTAL		0,563	1,751		471	0,0094	0,0291



section 35					
peralatan	failure rate	panjang (km)	$\lambda$	r	U
T1(GD188)	0,005	1	0,005	10	0,05
T2(GD83)	0,005	1	0,005	10	0,05
T3(GD26)	0,005	1	0,005	10	0,05
T4(GD30)	0,005	1	0,005	10	0,05
T5(GD214)	0,005	1	0,005	10	0,05
T6(GD137)	0,005	1	0,005	10	0,05
T7(GD68)	0,005	1	0,005	10	0,05
L1(CO188 KEGD83)	0,2	0,98	0,196	3	0,588
L2(GD83 KE GD30)	0,2	0,9	0,18	3	0,54
L3(GD83 KE GD26)	0,2	0,6	0,12	3	0,36
L4(GD83 KE CO214)	0,2	0,4	0,08	3	0,24
L5(CO83 KE GD214)	0,2	0,5	0,1	3	0,3
L6(CO214 KE GD137)	0,2	1,1	0,22	3	0,66
L7(GD137 KE GD68)	0,2	1,02	0,204	3	0,612
FCO1(CO188)	0,003	1	0,003	0,25	0,00075
FCO2(CO214)	0,003	1	0,003	0,25	0,00075
FCO3(CO68)	0,003	1	0,003	0,25	0,00075

section 35							
kode	perhitungan	$\lambda$	U	r	N	SAIFI	SAIDI
LP77(GD188)	T1.L1.FCO1	0,20400	0,6388	3,1311	217		
LP78(GD083)	T2.L4	0,08500	0,2900	3,4118	612		
LP79(GD026)	T3.L3	0,12500	0,4100	3,2800	65		
LP80(GD30)	T4.L2	0,18500	0,5900	3,1892	605		
LP81(GD214)	T5.L5.FCO2	0,10800	0,3508	3,2477	129		
LP82(137)	T6.L6	0,22500	0,7100	3,1556	396		
LP83(GD68)	T7.L7.FCO3	0,21200	0,6628	3,1262	612		
A	LP82.LP83	0,43700	1,3728	3,1413			
B	LP79//LP80	0,14960	0,2419	1,6170			
C	A.LP78	0,52200	1,6628	3,1853			
D	B//C	0,37502	0,4022	1,0725			
E	D//LP81	0,17498	0,1411	0,8063			
F	E.LP77	0,37898	0,7798	2,0577			
G	F.LP14	0,86998	2,2878				
TOTAL		0,86998	2,2878		2636	0,0809	0,2128

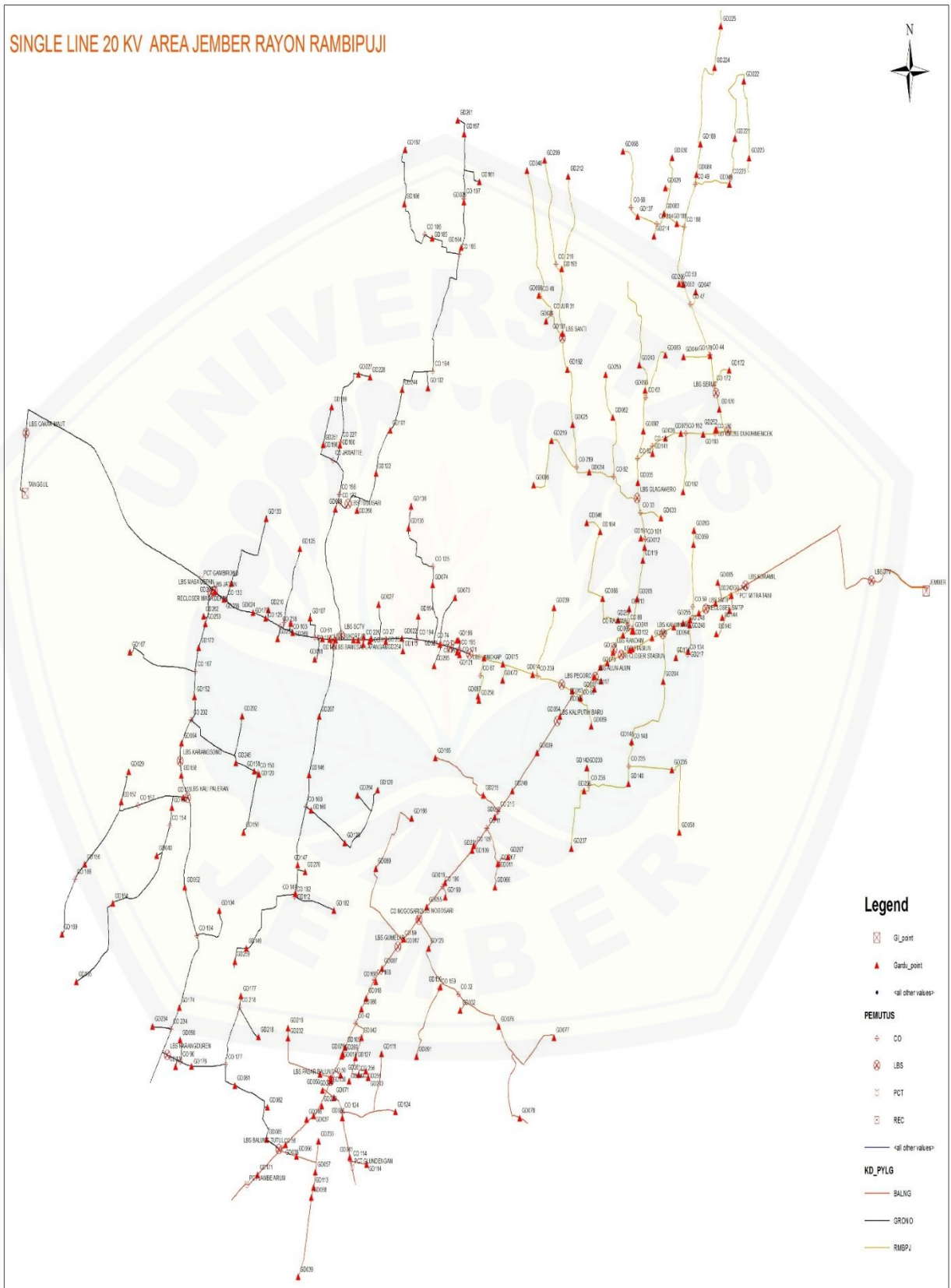
section 36					
peralatan	failure rate	panjang (km)	$\lambda$	r	U
T1(GD49)	0,005	1	0,005	10	0,05
T2(GD221)	0,005	1	0,005	10	0,05
T3(GD222)	0,005	1	0,005	10	0,05
T4(GD223)	0,005	1	0,005	10	0,05
L1(CO49 KE GD49)	0,2	0,7	0,14	3	0,42
L2(GD49 KE GD221)	0,2	0,8	0,16	3	0,48
L3(GD221 KE GD222)	0,2	0,65	0,13	3	0,39
L4(222 KE 223)	0,2	0,66	0,132	3	0,396
FCO1(CO49)	0,003	1	0,003	0,25	0,00075

section 36							
kode	perhitungan	$\lambda$	U	r	N	SAIFI	SAIDI
LP84(GD049)	T1.L1.FCO1	0,148	0,4708	3,1807	560		
LP85(GD221)	T2.L2	0,165	0,5300	3,2121	40		
LP86(GD222)	T3.L3	0,135	0,4400	3,2593	58		
LP87(GD223)	T4.L4	0,137	0,4460	3,2555	75		
A	LP84.LP85	0,313	1,0008	3,1973			
B	LP86.LP87	0,272	0,8860	3,2574			
C	A.B	0,585	1,8868	3,2252			
D	C.LP15	0,824	2,6388				
TOTAL		0,824	2,6388		733	0,02131	0,06825

Tabel 4. Hasil Penggabungan Seluruh Section

SECTION	SAIFI	SAIDI
	(Kegagalan/pelanggan/tahun)	(jam/pelanggan/tahun)
Section1	0,10087	0,31493
Section2	0,20030	0,29659
Section3	0,00765	0,02338
Section4	0,48887	0,79915
Section5	0,10862	0,30042
Section6	0,02046	0,06309
Section7	0,04742	0,14662
Section8	0,46268	0,80799
Section9	0,16062	0,45543
Section10	0,08028	0,24865
Section11	0,04705	0,14639
Section12	0,09307	0,28950
Section13	0,01281	0,03989
Section14	0,15929	0,45582
Section15	0,09395	0,29354
Section16	0,03094	0,09594
Section17	0,05125	0,15904
Section18	0,01575	0,04891
TOTAL	2,18186	4,98526

Single line rayon rambipuji`



1. Lampiran Program optimasi Penempatan Recloser penyulang Rambipuji menggunakan algoritma koloni semut

```
function [saidifi,fitness,Saidi,saiditot,Saifi,saifitot, fitL] =
myCost(posisi)
l_sutm=0.2; r_sutm=3;
l_sakelar_beban=0.003; r_sakelar_beban=10;
l_pelindung_jaringan=0.005; r_pelindung_jaringan=10;
l_trafo_distribusi=0.005; r_trafo_distribusi=10;

busdata = [
1   0      8.5    0
2  100     1.04   122
3  100     1.02   102
4  100     1.87   900
5  200     0.99   612
6  160     0.92   200
7  100     0.65   443
8  160     1.74   457
9  160     1.86   700
10 100     0.95   575
11 100     0.85   273
12 160     2.42   452
13 160     1.73    50
14 100     2.43   358
15 100     1.17   361
16 100     1.91   144
17 100     0.97   231
18 100     0.88    69
];

S = zeros(size(busdata, 1), 1);
U = zeros(size(busdata, 1), 1);

S(1) = 1.707;
U(1) = 5.17;
for i=2:size(busdata, 1)
    if busdata(i, 1) == 2 % bus nomor 2
        S(i) = S(i-1) + l_trafo_distribusi+(busdata(i, 3) * l_sutm);
        U(i) = U(i-1) + (busdata(i, 3) * l_sutm *
r_sutm)+(l_trafo_distribusi*r_trafo_distribusi);
    elseif busdata(i, 1) == 4 % bus nomor2
        S(i) = S(i-1) + l_sakelar_beban +
l_trafo_distribusi+(busdata(i, 3) * l_sutm);
        U(i) = U(i-1) +(l_trafo_distribusi*r_trafo_distribusi) +
(l_sakelar_beban*r_sakelar_beban)+(busdata(i, 3) * l_sutm * r_sutm)
;
    elseif busdata(i, 1) == 3 % bus nomor3
        S(i) = S(i-1) + (busdata(i, 3) * l_sutm)+l_trafo_distribusi;
        U(i) = U(i-1) + (busdata(i, 3) * l_sutm *
r_sutm)+(l_trafo_distribusi*r_trafo_distribusi);
    elseif busdata(i, 1) == 5 % bus nomor5
```

```

    S(i) = S(i-1) + (busdata(i, 3) * l_sutm)+l_trafo_distribusi;
    U(i) = U(i-1) + (busdata(i, 3) * l_sutm *
r_sutm)+(l_trafo_distribusi*r_trafo_distribusi);
    elseif busdata(i, 1) == 6 % bus nomor6
        S(i) = S(i-1) + (busdata(i, 3) * l_sutm)+l_trafo_distribusi;
        U(i) = U(i-1) + (busdata(i, 3) * l_sutm *
r_sutm)+(l_trafo_distribusi*r_trafo_distribusi);
    elseif busdata(i, 1) == 7 % bus nomor7
        S(i) = S(i-1) + (busdata(i, 3) * l_sutm)+l_trafo_distribusi;
        U(i) = U(i-1) + (busdata(i, 3) * l_sutm *
r_sutm)+(l_trafo_distribusi*r_trafo_distribusi);
    elseif busdata(i, 1) == 8 % bus nomor8
        S(i) = S(i-1) + (busdata(i, 3) * l_sutm)+l_trafo_distribusi;
        U(i) = U(i-1) + (busdata(i, 3) * l_sutm *
r_sutm)+(l_trafo_distribusi*r_trafo_distribusi);
    elseif busdata(i, 1) == 9 % bus nomor9
        S(i) = S(i-1) + (busdata(i, 3) * l_sutm)+l_trafo_distribusi;
        U(i) = U(i-1) + (busdata(i, 3) * l_sutm *
r_sutm)+(l_trafo_distribusi*r_trafo_distribusi);
    elseif busdata(i, 1) == 10 % bus nomor10
        S(i) = S(i-1) + (busdata(i, 3) * l_sutm)+l_trafo_distribusi;
        U(i) = U(i-1) + (busdata(i, 3) * l_sutm *
r_sutm)+(l_trafo_distribusi*r_trafo_distribusi);
    elseif busdata(i, 1) == 11 % bus nomor11
        S(i) = S(i-1) + (busdata(i, 3) * l_sutm)+l_trafo_distribusi;
        U(i) = U(i-1) + (busdata(i, 3) * l_sutm *
r_sutm)+(l_trafo_distribusi*r_trafo_distribusi);
    elseif busdata(i, 1) == 13 % bus nomor13
        S(i) = S(i-1) + (busdata(i, 3) * l_sutm)+l_trafo_distribusi;
        U(i) = U(i-1) + (busdata(i, 3) * l_sutm *
r_sutm)+(l_trafo_distribusi*r_trafo_distribusi);
    elseif busdata(i, 1) == 12 % bus nomor 12
        S(i) = S(i-1) +l_sakelar_beban +
l_trafo_distribusi+(busdata(i, 3) * l_sutm);
        U(i) = U(i-1) + (l_trafo_distribusi*r_trafo_distribusi) +
(l_sakelar_beban*r_sakelar_beban)+(busdata(i, 3) * l_sutm * r_sutm)
;
    elseif busdata(i, 1) == 14 % bus nomor14
        S(i) = S(i-1) + (busdata(i, 3) * l_sutm)+ l_trafo_distribusi;
        U(i) = U(i-1) + (busdata(i, 3) * l_sutm *
r_sutm)+(l_trafo_distribusi*r_trafo_distribusi);
    elseif busdata(i, 1) == 15 % bus nomor15
        S(i) = S(i-1) + (busdata(i, 3) * l_sutm)+l_trafo_distribusi;
        U(i) = U(i-1) + (busdata(i, 3) * l_sutm *
r_sutm)+(l_trafo_distribusi*r_trafo_distribusi);
    elseif busdata(i, 1) == 16 % bus nomor16
        S(i) = S(i-1) + (busdata(i, 3) * l_sutm)-l_trafo_distribusi;
        U(i) = U(i-1) + (busdata(i, 3) * l_sutm * r_sutm)-
(l_trafo_distribusi*r_trafo_distribusi);
    elseif busdata(i, 1) == 17 % bus nomor17
        S(i) = S(i-1) + (busdata(i, 3) * l_sutm)+l_trafo_distribusi;
        U(i) = U(i-1) + (busdata(i, 3) * l_sutm *
r_sutm)+(l_trafo_distribusi*r_trafo_distribusi);

```

```

else% bus nomor18
    S(i) = S(i-1) + l_trafo_distribusi+(busdata(i, 3) * l_sutm);
    U(i) = U(i-1)
+(l_trafo_distribusi*r_trafo_distribusi)+(busdata(i, 3) * l_sutm *
r_sutm);
end
dx = find(posisi == busdata(i, 1), 1);
if~isempty(dx)
    S(i) = (busdata(i, 3) * l_sutm) +
l_pelindung_jaringan+l_trafo_distribusi;
    U(i) = (busdata(i, 3) * l_sutm * r_sutm)+
(l_pelindung_jaringan*r_pelindung_jaringan)+(l_trafo_distribusi*r_tr
afo_distribusi);

end
end

Saifi = zeros(size(busdata, 1), 1);
Saidi = zeros(size(busdata, 1), 1);
fitL = zeros(size(busdata, 1), 1);

section=[
19    0.0556    0.1689
20    0.0453    0.1460
21    0.1920    0.2715
22    0.4092    0.5547
23    0.0351    0.0712
24    0.0150    0.0492
25    0.0029    0.0089
26    0.0043    0.0134
27    0.4009    0.6168
28    0.0628    0.1529
29    0.0048    0.0151
30    0.0072    0.0229
31    0.0097    0.0306
32    0.0096    0.0300
33    0.0040    0.0127
34    0.0094    0.0291
35    0.0809    0.2128
36    0.0213    0.0682
];
for i=1:size(busdata, 1)
    if busdata(i,1)==1
        Saifi(i) = S(i)*busdata(i, 4)/28384+(section(1,2)+section(2,2));
        Saidi(i) = U(i)*busdata(i, 4)/28384+(section(1,3)+section(2,3));
        fitL(i) = 10/(Saidi(i) * Saifi(i));
    elseif busdata(i,1)==2
        Saifi(i) = S(i)*busdata(i, 4)/28384+(section(3,2));
        Saidi(i) = U(i)*busdata(i, 4)/28384+(section(3,3));
        fitL(i) = 10/(Saidi(i) * Saifi(i));
    elseif busdata(i,1)==4
        Saifi(i) = S(i)*busdata(i, 4)/28384+(section(4,2));
        Saidi(i) = U(i)*busdata(i, 4)/28384+(section(4,3));

```

```

fitL(i) = 10/(Saidi(i) * Saifi(i));
elseif busdata(i,1)==5
Saifi(i) = S(i)*busdata(i, 4)/28384+(section(5,2)+section(6,2));
Saidi(i) = U(i)*busdata(i, 4)/28384+(section(5,3)+section(6,3));
fitL(i) = 10/(Saidi(i) * Saifi(i));
elseif busdata(i,1)==8
Saifi(i) = S(i)*busdata(i,
4)/28384+(section(7,2)+section(8,2)+section(9,2));
Saidi(i) = U(i)*busdata(i,
4)/28384+(section(7,3)+section(8,3)+section(9,3));
fitL(i) = 10/(Saidi(i) * Saifi(i));
elseif busdata(i,1)==9
Saifi(i) = S(i)*busdata(i,
4)/28384+(section(10,2)+section(11,2));
Saidi(i) = U(i)*busdata(i,
4)/28384+(section(10,3)+section(11,3));
fitL(i) = 10/(Saidi(i) * Saifi(i));
elseif busdata(i,1)==11
Saifi(i) = S(i)*busdata(i, 4)/28384+(section(12,2));
Saidi(i) = U(i)*busdata(i, 4)/28384+(section(12,3));
fitL(i) = 10/(Saidi(i) * Saifi(i));
elseif busdata(i,1)==12
Saifi(i) = S(i)*busdata(i,
4)/28384+(section(13,2)+section(14,2));
Saidi(i) = U(i)*busdata(i,
4)/28384+(section(13,3)+section(14,3));
fitL(i) = 10/(Saidi(i) * Saifi(i));
elseif busdata(i,1)==13
Saifi(i) = S(i)*busdata(i, 4)/28384+(section(15,2));
Saidi(i) = U(i)*busdata(i, 4)/28384+(section(15,3));
fitL(i) = 10/(Saidi(i) * Saifi(i));
elseif busdata(i,1)==14
Saifi(i) = S(i)*busdata(i,
4)/28384+(section(16,2)+section(17,2));
Saidi(i) = U(i)*busdata(i,
4)/28384+(section(16,3)+section(17,3));
fitL(i) = 10/(Saidi(i) * Saifi(i));
elseif busdata(i,1)==15
Saifi(i) = S(i)*busdata(i, 4)/28384+(section(18,2));
Saidi(i) = U(i)*busdata(i, 4)/28384+(section(18,3));
fitL(i) = 10/(Saidi(i) * Saifi(i));
else
Saifi(i) = S(i)*busdata(i, 4)/28384;
Saidi(i) = U(i)*busdata(i, 4)/28384;
fitL(i) = 10/(Saidi(i) * Saifi(i));
end
end
jumpel = sum(busdata(:, 4));
assignin('base', 'Saifi', Saifi);
assignin('base', 'Saidi', Saidi);
assignin('base', 'fitL', fitL);
%jumlah SAIFI seluruh load point
Saifibus=sum(Saifi);

```

```

%jumlah SAIDI seluruh load point
Saidibus = sum(Saidi);
saifitot= Saifibus ;
saiditot = Saidibus ;
saidifi = saiditot*saifitot;
fitness = 10/(saiditot*saifitot);

disp('=====')
disp(' section !   Lambda   !   U   ')
disp('           ! Kegagalan/ !   Jam ')
disp('           !   Tahun   !   Tahun')
disp('=====')
disp(' ')
disp([busdata(:,1),Saifi
,Saidi]),disp([section(:,1),section(:,2),section(:,3)])
fprintf('Saifi total ='), disp(saifitot)
fprintf('Saidi total ='), disp(saiditot)

```

## 2. Program Optimasi

```

function [saidifi,solusi,bestsaidifi]=aco(param)

CostFunction=@(x) myCost(x);
nVar=param(5);
MaxIt=param(1);           % max iterasi
nPop=param(2);           % jml Semut
alpha=param(3);          % alpha
rho=param(4);            % Evaporation rate

Lb=(1).*ones(1,nVar);    % lower bound
Ub=18.*ones(1,nVar);    % upper bound
n_node=18;
cost_best_prev=inf;
cost_saidi_prev=inf;
cost_saifi_prev=inf;
cost_fitness_prev=inf;

% simpan sbg best cost saat ini
BestCost=zeros(MaxIt,1);
BestSaidi=zeros(MaxIt,1);
BestSaifi=zeros(MaxIt,1);
BestFitness=zeros(MaxIt,1);

% untuk menyimpan best solution per iterasi
BestSol=zeros(MaxIt, nVar);

%% Generating Nodes
T=ones(n_node,nVar);
dT=zeros(n_node,nVar);

Nodes = zeros(n_node, nVar); % untuk nyimpan node

```



```

prob = zeros(n_node, nVar); % untuk nyimpan transition
probabilities
for i=1:nVar
    Nodes(:,i) = linspace(Lb(i),Ub(i),n_node); % Node generation at
equal spaced points
end
%% Iteration loop
ant=zeros(nPop, nVar);
cost=zeros(nPop, 1);

semuaSemut = zeros(MaxIt, nPop, nVar);

timeStart = tic;
for iter=1:MaxIt
    % build matrix transition probabilities
    for tour_i=1:nVar
        prob(:,tour_i)= (T(:,tour_i).^alpha) ./ (sum(T(:,tour_i)));
    end

    for A=1:nPop
        % pilih node pakai transition probabilities yg tadi
        for tour_i=1:nVar
            node_sel=rand;
            node_ind=1;
            prob_sum=0;
            for j=1:n_node
                prob_sum=prob_sum+prob(j,tour_i);
                if prob_sum>=node_sel
                    node_ind=j;
                    break
                end
            end
            % isi semut
            ant(A,tour_i)=node_ind;
        end
        cParams = zeros(1, nVar);
        for varNum=1:nVar
            cParams(varNum) = Nodes(ant(A, varNum), varNum);
        end
        cParams=simplebounds(cParams,Lb,Ub);
        semuaSemut(iter, A, :) =(cParams);

        % hitung cost semut ini
        cost(A)=CostFunction(round(cParams));
        % tambahan
        [a,fitness,b,saidi,c,saifi,d]=myCost(round(cParams));
        fit(A)=fitness;
        sd(A)=saidi;
        sf(A)=saifi;
    end

    % cari semut terbaik

```

```

[cost_best,cost_best_ind]=min(cost);
% tambahan
cost_saidi=min(sd);
cost_saifi=min(sf);
cost_fitness=max(fit);

% Elitism
if ((cost_best>cost_best_prev) && (iter>1))
    [cost_worst,cost_worst_ind]=max(cost);
    ant(cost_worst_ind,:)=best_prev_ant;
    cost_best=cost_best_prev;
    cost_best_ind=cost_worst_ind;
    % tambahan
    cost_saidi=cost_saidi_prev;
    cost_saifi=cost_saifi_prev;
    cost_fitness=cost_fitness_prev;
else
    cost_best_prev=cost_best;
    best_prev_ant=ant(cost_best_ind,:);
    %tambahan
    cost_saidi_prev=cost_saidi;
    cost_saifi_prev=cost_saifi;
    cost_fitness_prev=cost_fitness;

end
% simpan cost terbaik untuk iterasi saat ini -- untuk grafik
BestCost(iter) = cost_best;
% tambahan
BestSaidi(iter) = cost_saidi;
BestSaifi(iter) = cost_saifi;
BestFitness(iter) = cost_fitness;

cParams = zeros(1, nVar);
for varNum=1:nVar
    cParams(varNum) = Nodes(ant(cost_best_ind, varNum), varNum);
end
%cParams=simplebounds(cParams,Lb,Ub);
% simpan solusi terbaik untuk iterasi saat ini
BestSol(iter,:) =(cParams);

% tampilkan di command window
disp(['Iteration ' num2str(iter) ', Best Param = '
num2str(BestSol(iter,:))]);
disp(['Best Saidi = ' num2str(BestSaidi(iter))]);
disp(['Best Saifi = ' num2str(BestSaifi(iter))]);
disp(['Best Fitness = ' num2str(BestFitness(iter))]);
disp(['Best Cost = ' num2str(BestCost(iter))]);

dT=zeros(n_node,nVar); % hitung perubahan Pheromone
for tour_i=1:nVar
    dT(ant(cost_best_ind,tour_i),tour_i)= 2*sum(cost(:) ==
min(cost))*min(cost)/max(cost);

```

```
end

% update feromone
T= (1-rho).*T;
T= T + dT;
n=0.02;
pause(n)

end
executionTime = toc(timeStart);
saidifi=BestCost;
saidi=BestSaidi;
saifi=BestSaifi;
fitness=BestFitness;

solusi=round(BestSol(iter, :));
bestsaidifi=BestCost(iter);

assignin('base', 'BestCost', BestCost);
assignin('base', 'BestSaidi', BestSaidi);
assignin('base', 'BestSaifi', BestSaifi);
assignin('base', 'BestFitness', BestFitness);
assignin('base', 'BestSol', BestSol);
assignin('base', 'semuaSemut', semuaSemut);
assignin('base', 'prob', prob);

% Application of simple constraints
function s=simplebounds(s,Lb,Ub)
% Apply the lower bound
ns_tmp=s;
I=ns_tmp<Lb;
ns_tmp(I)=Lb(I);

% Apply the upper bounds
J=ns_tmp>Ub;
ns_tmp(J)=Ub(J);
% Update this new move
s=ns_tmp;
```