



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - TE141599**

**PENENTUAN KOMBINASI *TIE SWITCH* PADA JARINGAN  
DISTRIBUSI RADIAL UNTUK MINIMISASI RUGI DAYA  
BERBASIS *GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS)*  
MENGUNAKAN *GENETIC ALGORITHM (GA)***

Akhmad Anugrah  
NRP 2213106016

Dosen Pembimbing  
Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.  
Heri Suryoatmojo, ST., MT., Ph.D.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**FINAL PROJECT - TE141599**

**DETERMINING OF THE COMBINATION TIE SWITCH IN  
RADIAL DISTRIBUTION NETWORK FOR POWER LOSS  
MINIMISATION BY GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM  
(GIS) USING GENETIC ALGORITHM (GA)**

Akhmad Anugrah  
NRP 2213106016

Counsellor Lecturer  
Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.  
Heri Suryoatmojo, ST., MT., Ph.D.

DEPARTEMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2016

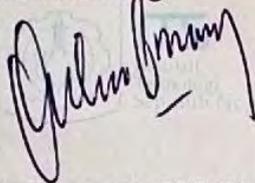
**PENENTUAN KOMBINASI *TIE SWITCH* PADA JARINGAN  
DISTRIBUSI RADIAL UNTUK MINIMISASI RUGI DAYA  
BERBASIS *GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS)*  
MENGUNAKAN *GENETIC ALGORITHM (GA)***

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga  
Jurusan Teknik Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Menyetujui :**

**Dosen Pembimbing I**



**Dosen Pembimbing II**



**Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D**  
NIP.194907151974121001

**Heri Suryatmojo, ST., MT., Ph.D**  
NIP. 198006032006041003



**PENENTUAN KOMBINASI *TIE SWITCH* PADA JARINGAN  
DISTRIBUSI RADIAL UNTUK MINIMISASI RUGI DAYA  
BERBASIS *GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS)*  
MENGUNAKAN *GENETIC ALGORITHM (GA)***

Nama : Akhmad Anugrah  
NRP : 2213106016  
Dosen Pembimbing I : Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.  
Dosen Pembimbing II : Heri Suryoatmojo, ST., MT., Ph.D

**ABSTRAK**

Sistem distribusi mempunyai peranan yang sangat penting dalam menyalurkan energi listrik dari sistem transmisi ke pelanggan. Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan beban, maka secara langsung akan mengakibatkan meningkatnya permintaan energi listrik yang mengakibatkan penambahan beban pada jaringan listrik. Penambahan beban akan meningkatkan rugi-rugi daya pada jaringan. Salah satu cara untuk mengurangi rugi-rugi daya pada jaringan distribusi dengan melakukan rekonfigurasi jaringan distribusi. Rekonfigurasi jaringan distribusi sendiri dilakukan dengan mengatur ulang konfigurasi jaringan dengan pengontrolan buka tutup dari switch-switch yang terpasang pada tiap penyulang. Permasalahan rekonfigurasi akan diselesaikan dengan menggunakan metode algoritma genetika untuk memperoleh kombinasi switch yang menghasilkan rugi daya sistem yang terendah. Selain itu, hasil yang diperoleh juga akan ditampilkan informasi dalam bentuk geografis.

Hasil pengujian yang telah dilakukan pada 3 penyulang, yaitu penyulang Kaliasin, Tegal Sari, dan Tunjungan Plaza menunjukkan total rugi daya sistem yang diperoleh sebelum rekonfigurasi sebesar 7,68 kW. Setelah dilakukan rekonfigurasi diperoleh penurunan total rugi daya sistem sebesar 11,98% dengan kombinasi switch adalah dengan membuka switch Joko Dolog pada penyulang Tegal Sari dan switch Trengguli pada penyulang Tunjungan Plaza.

**Kata Kunci** : Algoritma genetika, rekonfigurasi, rugi daya, sistem distribusi radial,

# **DETERMINING OF THE COMBINATION TIE SWITCH IN RADIAL DISTRIBUTION NETWORK FOR POWER LOSS MINIMISATION BY GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS) USING GENETIC ALGORITHM**

Name : Akhmad Anugrah  
NRP : 2213106016  
Advisor I : Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.  
Advisor II : Heri Suryoatmojo, ST., MT., Ph.D

## **ABSTRACT**

The distribution system has a very important role in distributing electrical energy from the transmission system to customers. Along with the growth of the load, it will directly effect to increased demand for electrical energy resulting in additional load on the distribution network. The addition of the load will increase power loss on the network. One method to reduce power losses in the distribution network by distribution network reconfiguration. Distribution network reconfiguration is done by resetting the network configuration by controlling the open and close of switches installed on each feeder. Reconfiguration problems will be solved by using a genetic algorithm to obtain the combination switch that produces the lowest power loss of the system. In addition, the results obtained are also shown in the form of geographic information.

Results of the testing that has been done in 3 feeders, that is Kaliasin, Tegal Sari, and Tunjungan Plaza feeders show total power losses of the system obtained before the reconfiguration is 7.68 kW. After the reconfiguration obtained a reduction in total power loss of the system by 11.98% with a combination of switches is to open the switch Joko Dolog at Tegal Sari feeder and switch Trengguli at Tunjungan Plaza feeder

**Keywords :** Genetic algorithm, power loss, radial distribution systems, reconfiguration

## KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan penuh semangat.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan tugas akhir ini tentu tidak lepas dari kesulitan dan hambatan. Namun berkat doa yang tulus, bimbingan, arahan, dan berbagai bentuk bantuan dari berbagai pihak, sehingga kesulitan yang penulis alami dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, dengan segala hormat penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu, Bapak, dan keluarga atas doa yang tulus dan dukungan yang diberikan selama ini.
2. Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc, Ph.D. dan Heri Suryoatmojo, ST., MT., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, motivasi, arahan dan saran-saran yang sangat berharga kepada penulis dalam menyusun tugas akhir ini.
3. Pak Suyanto dan Mba Indri yang telah memberikan bimbingan, ilmu, serta nasehatnya.
4. Shemina Chou, yang telah banyak memberikan dukungan, inspirasi, motivasi, serta doanya kepada penulis.
5. Teman-teman keluarga besar LJ genap 2013 dan keluarga Lab. B103 Power System Simulation Laboratory yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.
6. Seluruh dosen yang telah memberikan ilmunya selama studi, karyawan, dan keluarga besar Jurusan Teknik Elektro ITS.

Dengan segala kerendahan hati dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dikarenakan keterbatasan ilmu pengetahuan dan wawasan yang penulis miliki. Untuk itu penulis mohon maaf atas segala kekurangan dan tidak menutup diri terhadap segala saran dan kritik serta masukan yang sifatnya membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

# DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b>	
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	
<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Permasalahan .....	2
1.3. Tujuan .....	2
1.4. Batasan Masalah .....	2
1.5. Metodologi .....	2
1.6. Sistematika Penulisan .....	3
1.7. Relevansi .....	4
<b>BAB II DASAR TEORI</b>	
2.1. Sistem Distribusi .....	5
2.2. Sistem Distribusi Radial .....	6
2.2.1. Jaringan Radial Tipe Pohon .....	7
2.2.2. Jaringan Radial Dengan <i>Tie</i> dan <i>Switch</i> Pemisah .....	8
2.2.3. Jaringan Radial Tipe Pusat Beban .....	9
2.2.4. Jaringan Radial Dengan Phasa Area .....	10
2.3. Rekonfigurasi Jaringan Distribusi .....	11
2.4. Algoritma Genetika .....	12
2.4.1. Terminologi Dalam Algoritma Genetika .....	14
2.4.2. Struktur Algoritma Genetika .....	16
2.5. <i>Geographic Information System (GIS)</i> .....	21

**BAB III REKONFIGURASI JARINGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA**

3.1. Persamaan Aliran Daya .....	26
3.2. Rekonfigurasi Jaringan Menggunakan Algoritma Genetika ....	27
3.2.1. Teknik Pengkodean .....	27
3.2.2. Pembangkitan Populasi Awal .....	28
3.2.3. Seleksi .....	29
3.2.4. Pindah Silang (Crossover).....	29
3.2.5. Mutasi.....	31
3.2.6. Evaluasi .....	33

**BAB IV SIMULASI DAN ANALISIS**

4.1. Hasil Simulasi Sebelum Rekonfigurasi .....	37
4.2. Hasil Simulasi Setelah Rekonfigurasi.....	42
4.3. Hasil Pengujian <i>Software</i> .....	49

**BAB V PENUTUP**

5.1. Kesimpulan.....	51
5.2. Saran.....	51

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	53
-----------------------------	----

<b>LAMPIRAN</b> .....	55
-----------------------	----

<b>RIWAYAT PENULIS</b> .....	59
------------------------------	----

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Diagram proses penyaluran tenaga listrik .....	5
Gambar 2.2 Bentuk jaringan distribusi radial .....	6
Gambar 2.3 Jaringan distribusi radial tipe pohon .....	8
Gambar 2.4 Jaringan distribusi radial dengan tie dan <i>switch</i> pemisah.....	9
Gambar 2.5 Jaringan distribusi radial tipe pusat beban .....	10
Gambar 2.6 Jaringan distribusi tipe phasa area .....	11
Gambar 2.7 Ilustari representasi terminologi dalam algoritma genetika .....	15
Gambar 2.8 Proses pindah silang satu titik.....	18
Gambar 2.9 Proses pindah silang dua titik .....	19
Gambar 2.10 Proses mutasi biner .....	20
Gambar 2.11 Proses mutasi kromosom permutasi .....	21
Gambar 2.12 Bentuk data GIS .....	23
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian .....	25
Gambar 3.2 Diagram satu garis untuk aliran daya .....	26
Gambar 3.3 Pengkodean individu rekonfigurasi .....	28
Gambar 3.4 Pembangkitan populasi awal .....	29
Gambar 3.5 Diagram alir proses pindah silang .....	30
Gambar 3.6 Proses pindah silang satu titik.....	31
Gambar 3.7 Diagram alir proses mutasi .....	32
Gambar 3.8 Proses mutasi biner.....	32
Gambar 3.9 Diagram alir algoritma genetika .....	34
Gambar 4.1 Diagram satu garis penyulang Kaliasin, Tegal Sari, dan Tunjungan Plaza .....	36
Gambar 4.2 Grafik rugi daya aktif sebelum rekonfigurasi .....	40
Gambar 4.3 Grafik tegangan sebelum rekonfigurasi .....	41
Gambar 4.4 Grafik perbandingan rugi daya aktif sebelum rekonfigurasi dan setelah rekonfigurasi .....	45
Gambar 4.5 Grafik tegangan setelah rekonfigurasi .....	46
Gambar 4.6 Diagram satu garis setelah rekonfigurasi .....	47
Gambar 4.7 Tampilan GIS dari penyulang sebelum rekonfigurasi.....	48

Gambar 4.8	Tampilan GIS dari penyulang setelah rekonfigurasi .....	48
Gambar 4.9	Tampilan GIS dari <i>switch</i> sebelum rekonfigurasi .....	48
Gambar 4.10	Tampilan GIS dari <i>switch</i> setelah rekonfigurasi.....	49

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Hasil simulasi sebelum rekonfigurasi penyulang Kaliasin .....	37
Tabel 4.2 Hasil simulasi sebelum rekonfigurasi penyulang Tegal Sari .....	37
Tabel 4.3 Hasil simulasi sebelum rekonfigurasi penyulang Tunjungan Plaza.....	38
Tabel 4.4 Total rugi daya 3 penyulang sebelum rekonfigurasi .....	40
Tabel 4.5 Hasil simulasi setelah rekonfigurasi penyulang Kaliasin .....	42
Tabel 4.6 Hasil simulasi setelah rekonfigurasi penyulang Tegal Sari .....	43
Tabel 4.7 Hasil simulasi setelah rekonfigurasi penyulang Tunjungan Plaza.....	43
Tabel 4.8 Total rugi daya 3 penyulang setelah rekonfigurasi.....	44
Tabel 4.9 Hasil pengujian <i>software</i> sebelum rekonfigurasi.....	49
Tabel 4.10 Hasil pengujian <i>software</i> setelah rekonfigurasi .....	50

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Nowbakht, Azim., Moshtaghian, Hojat., Sedaghati, R., dan Ghaedi, Vahid., “*Optimum Rearrangement by GA and GIS in Distribution Network*”, IEEE, 22<sup>nd</sup> International Conference on Electricity Distribution. 2013
- [2]. Xu, Xuejun., Li, Kaiyang., Sun, Quande., dan Wang, Chunsheng., “*The Line Loss Calculation of Distribution Network Based on Power GIS*”, IEEE Journal. 2011
- [3]. Hosseinzadeh, Farzad., Alinejad, Bahman., dan Pakfar, Keyvan., “*A New Technique in Distribution Network Reconfiguration For Loss Reduction and Optimum Operation*”, IEEE, 22<sup>nd</sup> International Conference on Electricity Distribution. 2009
- [4]. Xu, Xuejun., Wang, Cheng., dan Feng, Xiaoliang., “*A Tabu Search Approach for Distribution Network Reconfiguration Based on GIS*”, IEEE Journal. 2009
- [5]. Tandon, Ankush, and Saxena D., “*Optimal Reconfiguration of Electrical Distribution Network Using Selective Particle Swarm Optimization Algorithm*”, IEEE Journal. 2014
- [6]. Imran, Mohamed, dan Kowsalya, M, “*A New Power System Reconfiguration Scheme for Power Loss Minimization and Voltage Profile Enhancement Using Fireworks Algorithm*”, ELSEVIER Electrical Power and Energy Systems. 2014
- [7]. Suhadi, dkk., “*Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1*”, Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional. 2008.
- [8]. Dong-Li Duan, Xiao-Dong Ling, Xiao-Yue Wu, dan Bin Zhong., “*Reconfiguration of Distribution Network For Loss Reduction and Reliability Improvement Based on an Enhanced Genetic Algorithm*”, ELSEVIER Electrical Power and Energy Systems. 2015
- [9]. Yandra, “*Algoritma Genetika*”, Bogor: IPB Press. 2012

- [10]. Farou, Mohamed Magdy, dan Youssef, Hosam Kamal, “*DS Reconfiguration for Loss Minimization Using GA and Load Flow Solution*”, IEEE, International Middle East Power Systems Conference. 2010
- [11]. Fayyadi, Muhammad, Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Daya Listrik Dengan Metode Algoritma Genetika”, Teknik Elektro Universitas Dipenogoro, Semarang, 2004.

## RIWAYAT PENULIS



Penulis bernama lengkap Akhmad Anugrah, biasa dipanggil Akhmad. Lahir di Palanro pada tanggal 22 Juni 1992. Anak kedua dari tiga bersaudara. Alamat asal Jl. A. Unru No. 2 Palanro, Kab. Barru, Sulawesi Selatan.

Riwayat pendidikan adalah SD Negeri 1 Palanro lulus pada tahun 2004. Setelah lulus dari SD, melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Mallusetasi dan lulus pada tahun 2007. Setelah lulus dari SMP, melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 5 Parepare dan lulus pada tahun 2010. Setelah lulus dari SMA, melanjutkan keperguruan tinggi jenjang Diploma III di Politeknik Negeri Ujung Pandang dan lulus pada tahun 2013. Setelah lulus dari Politeknik Negeri Ujung Pandang, melanjutkan pendidikan S1 di LJ Teknik Elektro ITS sampai sekarang. Saat ini penulis sedang menyelesaikan pendidikan Lintas Jalur S1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Elektro, bidang studi Teknik Sistem Tenaga. Di Surabaya penulis tinggal di Jalan Keputih Tegal Timur No. 10, Sukolilo.

Email: [akhmadanugrah.aa@gmail.com](mailto:akhmadanugrah.aa@gmail.com)

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Sistem distribusi mempunyai peranan yang sangat penting dalam menyalurkan energi listrik dari sistem transmisi ke pelanggan. Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan beban, maka secara langsung akan mengakibatkan meningkatnya permintaan energi listrik yang mengakibatkan penambahan beban pada jaringan distribusi. Penambahan beban akan meningkatkan rugi-rugi daya pada jaringan. Salah satu cara untuk mengurangi rugi-rugi daya pada jaringan distribusi dengan melakukan rekonfigurasi jaringan distribusi [3-5].

Rekonfigurasi jaringan distribusi sendiri dilakukan dengan mengatur ulang konfigurasi jaringan dengan pengontrolan buka tutup dari *switch-switch* yang terpasang pada tiap penyulang [3]. Dengan melakukan buka tutup dari *switch* maka akan diperoleh beberapa konfigurasi yang baru. Adanya beberapa konfigurasi baru yang memungkinkan akan menyulitkan dalam menentukan pilihan konfigurasi yang tepat, sehingga diperlukan suatu metode agar didapatkan konfigurasi baru yang optimal dan dengan rugi-rugi daya terendah.

Dalam tugas akhir ini, permasalahan konfigurasi jaringan distribusi radial dengan rugi-rugi daya terendah ini akan diselesaikan dengan memodelkan ke dalam metode algoritma genetika. Diharapkan hasil kombinasi *switch* yang diperoleh dari optimasi dengan algoritma genetika adalah untuk memperoleh konfigurasi dengan total rugi daya terkecil. Selain itu, hasil yang diperoleh juga akan ditampilkan informasi dalam bentuk geografis. Dengan adanya penambahan data dalam bentuk geografis akan memperlihatkan lokasi pengambilan data, sehingga akan lebih mudah melakukan pengamatan pada sistem distribusi.

## **1.2. Permasalahan**

Adapun permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Rekonfigurasi jaringan distribusi radial dengan metode algoritma genetika untuk memperoleh rugi daya terkecil.
2. Menampilkan hasil rekonfigurasi jaringan dalam bentuk geografis.

## **1.3. Tujuan**

Adapun tujuan tugas akhir ini adalah untuk memperoleh konfigurasi jaringan untuk meminimalkan rugi-rugi daya pada jaringan dengan menggunakan metode algoritma genetika sehingga diperoleh kombinasi *switch* yang menghasilkan konfigurasi jaringan yang mempunyai total rugi daya yang terkecil.

## **1.4. Batasan Masalah**

Dalam penulisan tugas akhir ini, permasalahan diberi batasan-batasan sebagai berikut:

1. *Software* yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah Smallword GIS GNU Emacs 21.2
2. Fungsi obyektif yang digunakan dalam proses optimasi adalah meminimalkan total rugi daya nyata.
3. Plan yang digunakan adalah sistem distribusi 20 kV Tegal Sari, Kaliasin, dan Tunjungan Plaza.
4. Dalam tugas akhir ini, analisa aliran daya tidak dibahas secara mendetail.
5. Sistem distribusi yang digunakan sistem distribusi radial 1 fasa.

## **1.5. Metodologi**

Adapun tahapan yang digunakan dalam menyusun tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur  
Studi literatur dilakukan dengan membaca buku-buku, *paper*, dan jurnal pendukung yang berkaitan dengan rekonfigurasi jaringan dengan algoritma genetika. Selain itu dipelajari literatur yang berkaitan dengan perangkat lunak *smallworld*.

2. Pengumpulan Data  
Pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data yang meliputi data beban dan data saluran dari jaringan distribusi. Data beban terdiri dari data daya aktif dan reaktif pada setiap bus. Data saluran terdiri dari data resistansi dan reaktansi saluran. Data-data tersebut kemudian akan digunakan dalam perhitungan untuk memperoleh parameter-parameter seperti tegangan, arus, rugi daya, dan sebagainya.
3. Perancangan Sistem  
Perancangan sistem dilakukan dengan memodelkan data-data yang diperoleh ke dalam program untuk mendapatkan rugi daya yang minimum dari jaringan distribusi. Pemodelan dimaksudkan untuk mengetahui aliran daya dari sistem distribusi dan memperoleh kombinasi *switch* serta konfigurasi jaringan dengan rugi daya yang minimum. Pemodelan untuk penentuan kombinasi *switch* dilakukan dengan menggunakan metode algoritma genetika.
4. Simulasi dan Analisis  
Simulasi dilakukan pada sistem distribusi radial Kaliasin, Tegal Sari, dan Tunjungan Plaza. Hasil simulasi kemudian dianalisis perbedaan sebelum dan setelah rekonfigurasi berkaitan dengan rugi daya pada saluran.
5. Penyusunan Laporan  
Hasil penelitian yang dilakukan kemudian disusun dalam bentuk laporan tugas akhir. Laporan tugas akhir berisi teori penunjang, metode penelitian, dan kesimpulan yang menggambarkan hasil dari pembahasan.

## **1.6. Sistematika Penulisan**

Laporan tugas akhir ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

1. BAB I  
Bab ini membahas tentang latar belakang tugas akhir, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi penelitian, sistematika penulisan, serta relevansi dan manfaat penulisan tugas akhir.

2. BAB II  
Bab ini membahas tentang teori-teori yang menunjang tugas akhir. Adapun teori penunjang berkaitan dengan sistem distribusi radial, rekonfigurasi jaringan, metode algoritma genetika, dan sistem informasi geografis.
3. BAB III  
Bab ini membahas tentang perancangan sistem dan penerapan algoritma genetika yang digunakan untuk menentukan kombinasi *switch* yang menghasilkan rugi daya minimum.
4. BAB IV  
Bab ini membahas tentang hasil simulasi rekonfigurasi jaringan distribusi radial yang menghasilkan konfigurasi jaringan dengan rugi daya terkecil.
5. BAB V  
Bab ini berisi kesimpulan dari tugas akhir yang mengemukakan hasil dari pembahasan dan saran-saran yang berkaitan dengan tugas akhir.

### **1.7. Relevansi**

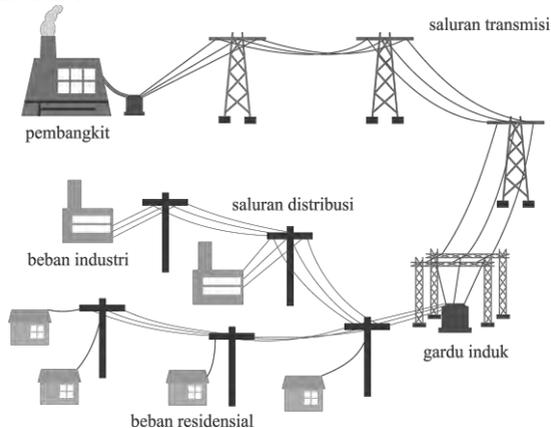
Hasil yang diperoleh dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut:

1. Sebagai acuan dalam perencanaan suatu sistem yang akan dilakukan rekonfigurasi untuk meminimalkan rugi daya.
2. Dapat memberikan kontribusi untuk peningkatan ilmu pengetahuan khususnya terkait di bidang sistem tenaga listrik.
3. Dapat menjadi referensi bagi mahasiswa lain yang mengambil tugas akhir dengan permasalahan yang serupa dengan tugas akhir ini.

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1. Sistem Distribusi

Sistem distribusi mempunyai peranan yang sangat penting dalam menyalurkan energi listrik dari pusat pembangkit ke beban. Pada umumnya pusat pembangkit terletak jauh dari beban sehingga diperlukan suatu sistem sistem distribusi untuk menyalurkan energi listrik tersebut dari pusat pembangkit ke beban. Berikut adalah diagram proses penyaluran tenaga listrik sampai ke beban ditunjukkan pada gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Diagram proses penyaluran tenaga listrik

Secara umum, sistem distribusi listrik berdasarkan nilai tegangannya terbagi menjadi dua, yaitu:

1. Sistem distribusi primer
2. Sistem distribusi sekunder

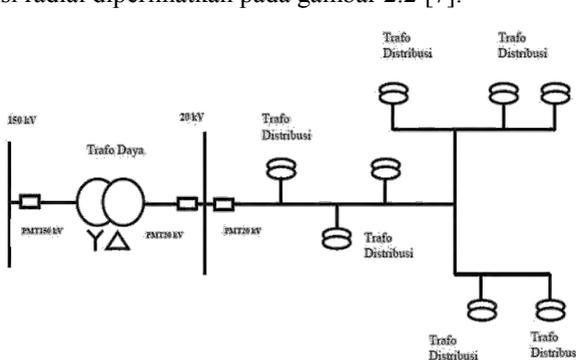
Sistem distribusi primer atau yang biasa disebut Jaringan Tegangan Menengah (JTM) terletak pada sisi primer trafo distribusi, yaitu anatara titik sekunder trafo *substation* (gardu induk) dengan titik primer trafo distribusi. Tegangan yang digunakan pada sistem distribusi primer adalah tegangan 6 kV sampai 20 kV. Sedangkan sistem distribusi sekunder atau yang biasa disebut Jaringan Tegangan

Rendah (JTR) terletak pada sisi sekunder trafo distribusi, yaitu antara titik sekunder dengan titik cabang menuju beban [7].

Sistem distribusi primer dapat menggunakan saluran udara maupun kabel tanah sesuai dengan tingkat keandalan yang diinginkan dan kondisi lingkungan. Saluran distribusi ini direntangkan sepanjang daerah yang akan di suplai tenaga listrik sampai ke pusat beban. Terdapat bermacam-macam bentuk jaringan distribusi primer, antara lain sistem distribusi Radial, sistem distribusi Loop, sistem distribusi Spindel, dan sistem distribusi Mesh. Dalam tugas akhir ini, sistem distribusi yang digunakan adalah sistem distribusi tipe radial.

## 2.2. Sistem Distribusi Radial

Bentuk jaringan ini merupakan bentuk dasar, sederhana dan paling banyak digunakan. Jaringan distribusi radila banyak digunakan karena bentuknya yang sederhana dan biaya investasinya relatif murah. Dinamakan radial karena saluran ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu, dan dicabang-cabangkan ke titik-titik beban yang dilayani. Konfigurasi jaringan distribusi radial diperlihatkan pada gambar 2.2 [7].



**Gambar 2.2** Bentuk jaringan distribusi radial

Suplai daya yang berasal dari satu titik sumber dan adanya percabangan-percabangan tersebut, mengakibatkan arus beban yang mengalir sepanjang saluran menjadi tidak sama besar. Kerapatan arus beban pada setiap titik sepanjang saluran tidak sama besar berakibat pada luas penampang konduktor pada jaringan bentuk radial ini

ukurannya tidak harus sama. Oleh karena itu, saluran yang dekat dengan sumber akan menanggung arus beban besar sehingga ukuran penampangnya relatif besar, sedangkan saluran cabang-cabangnya makin ke ujung menanggung arus beban yang lebih kecil, sehingga ukurannya lebih kecil dari saluran yang dekat dengan sumber.

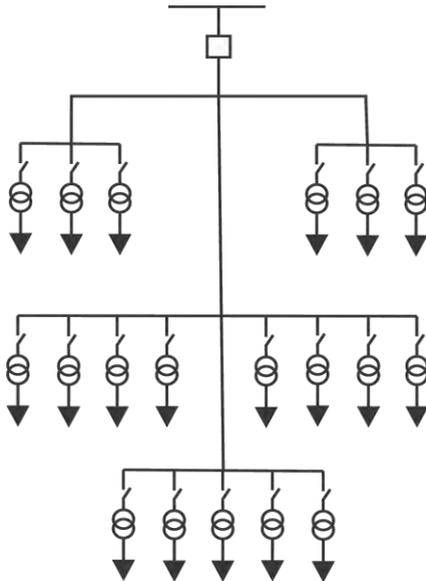
Kekurangan dari bentuk jaringan distribusi radial adalah kualitas pelayanan daya yang kurang baik dan kontinuitas pelayanan daya tidak terjamin. Kualitas pelayanan daya yang kurang baik disebabkan karena besarnya nilai impedansi dan arus sehingga jatuh tegangan dan rugi daya yang terjadi pada saluran relatif besar. Dalam hal kontinuitas pelayanan daya juga kurang terjamin karena antara titik sumber dan titik beban hanya ada satu alternatif saluran tidak ada alternatif lain sehingga bila saluran tersebut mengalami gangguan, maka beban sesudah titik gangguan akan mengalami pemadaman secara total sampai gangguan teratasi.

Untuk melokalisir gangguan, pada bentuk radial ini biasanya dilengkapi dengan peralatan pengaman berupa *fuse*, *sectionalizer*, *recloser*, atau alat pemutus beban lainnya, tetapi fungsinya hanya membatasi daerah yang mengalami pemadaman total, yaitu daerah saluran sesudah atau dibelakang titik gangguan, selama gangguan belum teratasi. Jaringan distribusi radial ini memiliki beberapa bentuk modifikasi, antara lain:

1. Radial Tipe Pohon
2. Radial Dengan *Tie* dan *Switch* Pemisah
3. Radial Dengan Pusat Beban
4. Radial Dengan Pembagian Phase Area

### **2.2.1. Jaringan Radial Tipe Pohon**

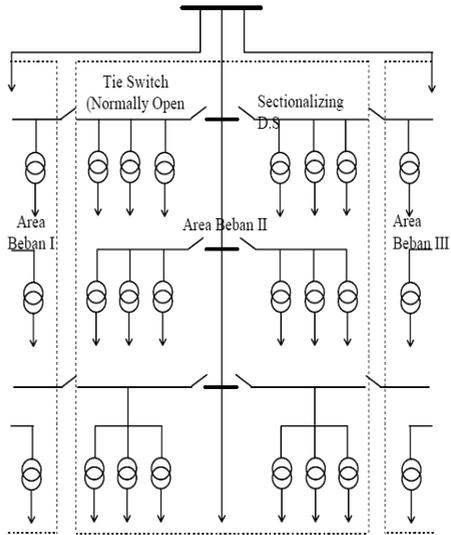
Bentuk ini merupakan bentuk yang paling dasar. Satu saluran utama dibentang menurut kebutuhannya dan dicabangkan dengan saluran cabang (lateral penyulang) dan lateral penyulang ini dicabang-cabang lagi dengan sublateral penyulang (anak cabang). Sesuai dengan kerapatan arus yang ditanggung masing-masing saluran, ukuran penyulang utama adalah yang terbesar, ukuran lateral adalah lebih kecil dari penyulang utama, dan ukuran sublateral adalah yang terkecil. Bentuk jaringan distribusi radial tipe pohon dapat dilihat pada gambar 2.3 [7].



**Gambar 2.3** Jaringan distribusi radial tipe pohon

### 2.2.2. Jaringan Radial Dengan *Tie* dan *Switch* Pemisah

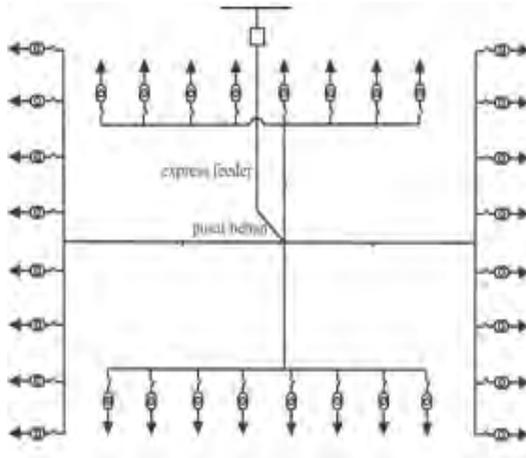
Bentuk ini merupakan modifikasi bentuk dasar dengan menambahkan *tie* dan *switch* pemisah, yang diperlukan untuk mempercepat pemulihan pelayanan bagi konsumen, dengan cara menghubungkan area-area yang tidak terganggu pada penyulang yang bersangkutan, dengan penyulang di sekitarnya. Dengan demikian bagian penyulang yang terganggu dilokalisir, dan bagian penyulang lainnya yang tidak mengalami gangguan segera dapat dioperasikan kembali, dengan cara melepas *switch* yang terhubung ke titik gangguan, dan menghubungkan bagian penyulang yang tidak mengalami gangguan ke penyulang di sekitarnya. Bentuk jaringan distribusi radial dengan *tie* dan *switch* pemisah dapat dilihat pada gambar 2.4 [7].



**Gambar 2.4** Jaringan distribusi radial dengan *tie* dan *switch* pemisah

### 2.2.3. Jaringan Radial Tipe Pusat Beban

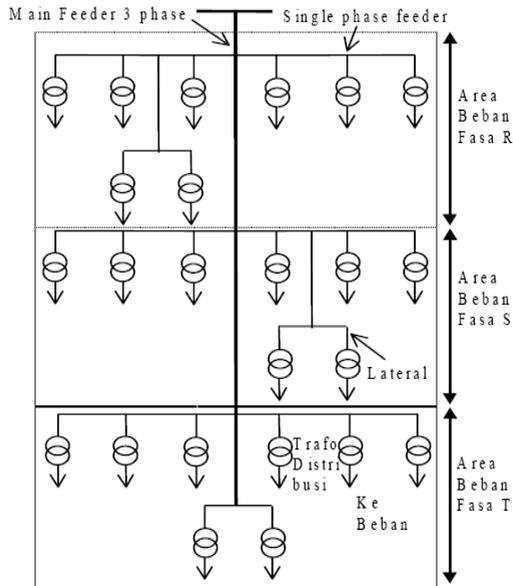
Bentuk ini mensuplai daya dengan menggunakan penyulang utama (*main feeder*) langsung ke pusat beban, dan dari titik pusat beban ini dicabangkan lagi secara radial. Bentuk jaringan distribusi radial tipe pusat beban dapat dilihat pada gambar 2.5.



**Gambar 2.5** Jaringan distribusi radial tipe pusat beban

#### 2.2.4. Jaringan Radial Dengan Fasa Area

Pada bentuk ini masing-masing fasa dari jaringan bertugas melayani daerah beban yang berlainan. Bentuk ini akan dapat menimbulkan akibat kondisi sistem 3 fasa yang tidak seimbang, bila digunakan pada daerah beban yang baru dan belum baik pembagian bebannya. Karenanya jaringan radial dengan fasa area hanya cocok untuk daerah beban yang stabil dan penambahan maupun pembagian bebannya dapat diatur merata dan simetris pada setiap fasanya. Bentuk jaringan distribusi radial dengan fasa area dapat dilihat pada gambar 2.6.



**Gambar 2.6** Jaringan distribusi tipe fasa area

### 2.3. Rekonfigurasi Jaringan Distribusi

Semakin meningkatnya kebutuhan akan tenaga listrik mengakibatkan penambahan beban pada jaringan distribusi. Penambahan beban ini akan meningkatkan rugi-rugi daya pada jaringan. Adanya rugi-rugi daya ini tentunya merugikan pengguna dan penyedia tenaga listrik. Salah satu cara untuk mengurangi rugi-rugi daya pada jaringan distribusi dengan melakukan rekonfigurasi jaringan distribusi.

Rekonfigurasi jaringan distribusi (penyulang) adalah suatu proses merubah topologi jaringan distribusi dengan mengubah status dari *switch* yang terpasang pada jaringan. Dalam kondisi operasi normal, tujuan dilakukan rekonfigurasi jaringan adalah mengurangi rugi-rugi daya pada sistem dan untuk mendapatkan pembebanan yang seimbang untuk mencegah pembebanan yang berlebih pada jaringan. Pada tugas akhir ini, rekonfigurasi jaringan dilakukan untuk mengurangi rugi-rugi daya pada jaringan distribusi radial.

Status dari *switch* ini ada dua berdasarkan kondisi buka tutup *switch* yaitu pada kondisi normal *switch* dalam keadaan terbuka dan pada kondisi normal *switch* dalam keadaan tertutup. Dengan melakukan buka tutup dari *switch* maka akan diperoleh beberapa konfigurasi jaringan yang baru.

#### **2.4. Algoritma Genetika**

Algoritma genetika merupakan cabang dari algoritma evolusi merupakan metode adaptif yang biasa digunakan untuk memecahkan suatu pencarian nilai dalam sebuah masalah optimasi. Algoritma ini didasarkan pada proses genetik yang ada dalam makhluk hidup, yaitu perkembangan generasi dalam sebuah populasi yang alami, secara lambat laun akan mengikuti prinsip seleksi alam [9].

Peletak prinsip dasar sekaligus pencipta algoritma genetika adalah John Holland dari Universitas Michigan pada tahun 1960. Algoritma genetika menggunakan analogi secara langsung dari kebiasaan yang alami yaitu seleksi alam. Algoritma ini bekerja dengan sebuah populasi yang terdiri dari individu-individu yang masing-masing individu merepresentasikan sebuah solusi yang mungkin bagi permasalahan yang ada. Dalam kaitan ini, individu dilambangkan dengan sebuah nilai *fitness* yang akan digunakan untuk mencari solusi terbaik dari permasalahan yang ada [9].

Kemampuan bertahan yang tinggi dari sebuah individu memberikan kesempatan untuk melakukan reproduksi melalui perkawinan silang dengan individu yang lain dalam populasi tersebut. Individu baru yang dihasilkan dari proses reproduksi dinamakan keturunan, yang membawa beberapa sifat dari induknya. Sedangkan individu dalam populasi yang tidak terseleksi dalam reproduksi akan mati dengan sendirinya. Dengan cara ini, beberapa individu baru dengan karakteristik yang bagus akan bermunculan dalam populasi tersebut. Individu baru ini kemudian akan bercampur dan bertukar dengan karakter yang lain. Generasi ini akan merepresentasikan perbaikan-perbaikan pada populasi awalnya. Dengan melakukan proses ini secara berulang, algoritma ini diharapkan dapat mensimulasikan proses evolusi. Pada akhirnya, dengan mengawinkan semakin banyak individu, maka akan semakin banyak kemungkinan terbaik yang dapat diperoleh.

Sebelum algoritma genetika dilakukan, ada dua hal penting yang harus dilakukan yaitu mendefinisikan kromosom yang merupakan suatu solusi yang masih berbentuk simbol atau sebuah kode yang sesuai (representatif) dengan persoalan harus dirancang. Permasalahan yang dikodekan dalam bentuk kromosom atau string yang terdiri atas komponen genetika terkecil yaitu gen. Dengan teori evolusi dan teori genetika, didalam penerapan algoritma genetika akan melibatkan beberapa operator, yaitu operasi evolusi yang melibatkan proses seleksi (*selection*) di dalamnya dan operasi genetika yang melibatkan operator pindah silang (*crossover*) dan mutasi (*mutation*).

Dalam tugas akhir ini, algoritma genetika digunakan untuk menemukan nilai maksimum delta rugi daya pada sistem dasar dengan rugi daya setelah dilakukan rekonfigurasi. Untuk memeriksa hasil optimasi, diperlukan fungsi objektif atau fungsi fitness yang menandakan gambaran hasil (solusi) yang sudah dikodekan. Dua hal ini berperan penting dalam algoritma genetika untuk menyelesaikan suatu masalah. Selain dua hal tersebut, penentuan nilai batasan atau *constrain* yang digunakan untuk masalah optimasi menjadi hal yang sangat penting. Jika masalah optimasi fungsi dibatasi dengan sejumlah fungsi kriteria maka permasalahan tersebut menjadi optimal dengan batasan atau *constrained optimization*. Terdapat dua jenis batasan yang digunakan, yaitu *soft constraints* dan *hard constraints*. Suatu kromosom diperbolehkan melanggar *soft constraints*, tetapi nilai fitness kromosom tersebut menjadi lebih rendah. Sedangkan *hard constraints* tidak boleh dilanggar karena suatu kromosom dianggap tidak valid jika melanggar *hard constraints*. Jika algoritma genetika didesain secara baik, populasi akan mengalami konvergensi dan akan didapatkan sebuah solusi yang optimum.

Adapun parameter-parameter yang digunakan dalam algoritma genetika adalah sebagai berikut:

1. Mendefinisikan individu, dimana individu menyatakan salah satu solusi atau penyelesaian yang mungkin dari permasalahan yang diangkat.
2. Mendefinisikan nilai fitness, yang merupakan ukuran baik tidaknya sebuah individu atau baik tidaknya solusi yang didapatkan.

3. Menentukan proses pembangkitan populasi awal. Hal ini biasanya dilakukan dengan menggunakan pembangkitan acak seperti *random walk*.
4. Menentukan proses seleksi yang akan digunakan.
5. Menentukan proses perkawinan silang (*crossover*) dan mutasi yang digunakan.

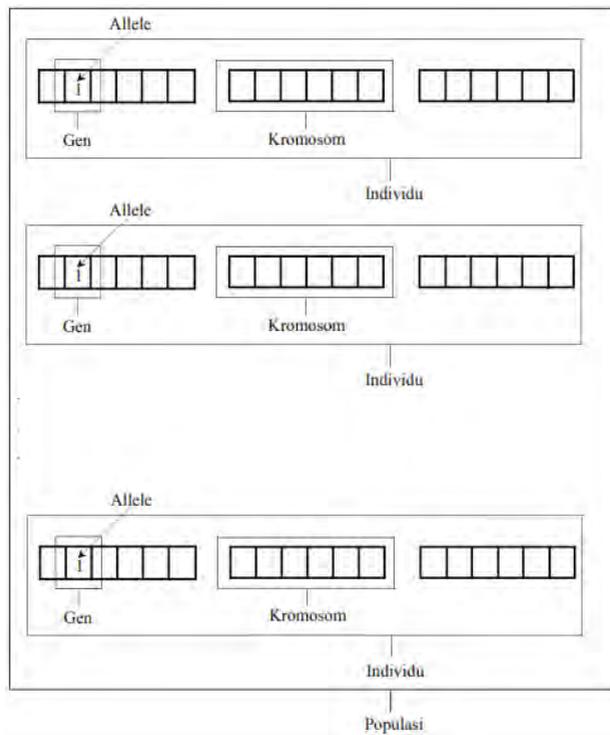
#### 2.4.1. Terminologi Dalam Algoritma Genetika

Beberapa terminologi penting yang perlu diperhatikan dalam mendefinisikan suatu individu untuk menyelesaikan permasalahan optimasi dengan algoritma genetika adalah sebagai berikut:

1. **Gen atau Genotype**, sebuah nilai yang menyatakan satuan dasar atau elemen terkecil yang membentuk suatu arti tertentu dalam satu kesatuan gen yang dinamakan kromosom. Dalam algoritma genetika, gen ini bisa berupa nilai biner, float, integer, karakter, maupun kombinasi.
2. **Allele**, merupakan nilai dari gen atau nilai yang dimasukkan pada gen.
3. **Kromosom**, kumpulan gen-gen yang membentuk nilai tertentu. Sama seperti gen, kromosom juga bisa berupa biner, string, float, maupun kombinasi tergantung dari gen-gen penyusunnya. Pada tugas akhir ini, digunakan kromosom biner, yaitu kromosom yang disusun dari gen-gen yang bernilai 0 dan 1. Kromosom ini adalah model standar dalam algoritma genetika.
4. **Individu**, kumpulan kromosom yang membentuk suatu nilai yang menyatakan salah satu solusi yang mungkin dari permasalahan yang diangkat.
5. **Populasi**, merupakan sekumpulan individu yang akan diproses bersama dalam satu siklus evolusi.
6. **Generasi**, menyatakan suatu siklus proses evolusi atau satu iterasi dalam algoritma genetika.
7. **Fitness**, nilai yang menyatakan baik tidaknya suatu solusi (individu). Nilai fitness ini yang dijadikan acuan dalam

mencapai nilai optimal dalam algoritma genetika. Algoritma genetika bertujuan untuk mencari individu dengan nilai fitness yang paling optimal.

Perbedaan dari beberapa istilah-istilah di atas diilustrasikan pada gambar 2.7.



**Gambar 2.7** Ilustari representasi terminologi dalam algoritma genetika

### 2.4.2. Struktur Algoritma Genetika

Terdapat 6 komponen utama dalam algoritma genetika, yaitu:

#### 1. Teknik Pengkodean

Teknik pengkodean adalah bagaimana mengkodekan gen dari kromosom, dimana gen merupakan bagian dari kromosom. Gen dapat direpresentasikan dalam bentuk bit, bilangan riil, daftar aturan, elemen permutasi, atau representasi lainnya yang dapat diimplementasikan untuk operator genetika. Beberapa contoh gen yang direpresentasi dalam beberapa bentuk sebagai berikut:

- String bit : 11100011
- Array bilangan riil : 22.22, -34.56, 17.53, dst.
- Elemen permutasi : E2, E10, E15, dst.
- Daftar aturan : R1, R2, R3, dst.
- Struktur lainnya

#### 2. Pembangkitan Populasi Awal

Membangkitkan populasi awal adalah proses pembangkitan sejumlah individu secara acak atau melalui prosedur tertentu. Populasi ini berisikan individu-individu yang merepresentasikan suatu solusi. Teknik dalam pembangkitan populasi awal ini ada beberapa cara, diantaranya adalah sebagai berikut:

##### a. Random Generator

Random generator dilakukan dengan cara melibatkan bilangan random untuk nilai setiap gen sesuai dengan representasi kromosom yang digunakan.

##### b. Pendekatan tertentu

Cara ini dilakukan dengan memasukkan nilai tertentu ke dalam gen dari populasi awal yang dibentuk.

##### c. Permutasi Gen

Cara permutasi gen dalam pembangkitan populasi awal adalah penggunaan permutasi Josephus dalam permasalahan kombinatorial.

#### 3. Seleksi

Seleksi merupakan salah satu proses yang digunakan untuk membentuk generasi baru. Seleksi digunakan untuk

memilih individu-individu yang akan dipilih untuk proses selanjutnya yaitu proses *crossover* (kawin silang) dan mutasi. Seleksi digunakan untuk mendapatkan calon induk yang baik. Induk yang baik akan menghasilkan keturunan yang baik. Semakin tinggi nilai fitness suatu individu semakin besar kemungkinannya untuk terpilih. Terdapat beberapa metode seleksi, antara lain seleksi dengan roda rolet, seleksi ranking, dan seleksi dengan turnamen. Pada roda rolet, induk dipilih berdasarkan nilai fitnessnya. Induk dengan nilai fitness terbaik mempunyai peluang lebih besar untuk terpilih.

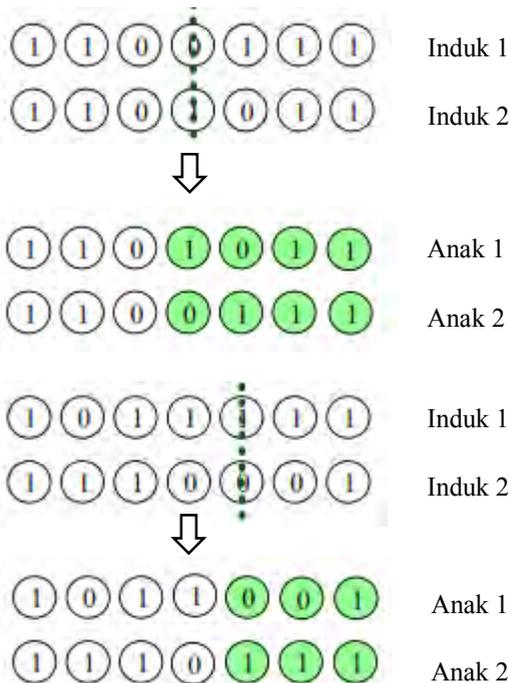
#### 4. Pindah Silang (*Crossover*)

*Crossover* atau pindah silang adalah operator dari algoritma genetika yang melibatkan dua induk untuk membentuk suatu individu baru. Prinsip dari pindah silang ini adalah melakukan operasi pertukaran pada gen-gen yang bersesuaian dari dua induk untuk menghasilkan individu baru. Proses pindah silang dilakukan pada setiap individu dengan probabilitas *crossover* yang ditentukan.

Terdapat beberapa metode dalam proses pindah silang, antara lain sebagai berikut:

##### a. *Crossover* satu titik

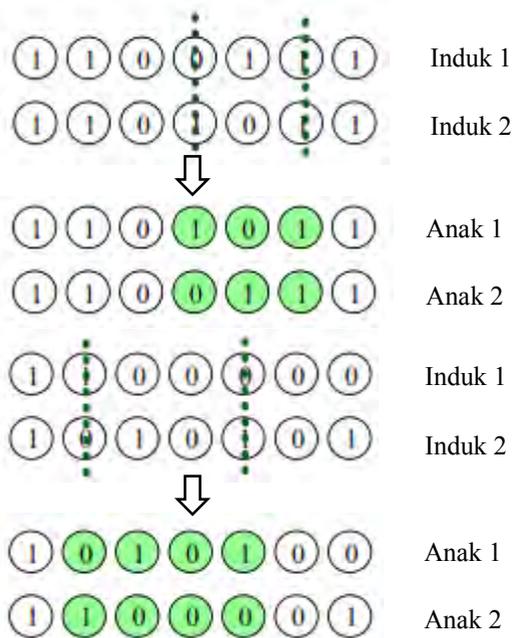
*Crossover* satu titik biasanya digunakan untuk representasi kromosom dalam biner. Pada pindah silang satu titik, posisi pindah silang  $k$  ( $k=1, 2, \dots, n-1$ ) dengan  $n$  adalah panjang kromosom diseleksi secara random. Variabel-variabel ditukar antar kromosom pada titik tersebut untuk menghasilkan anak. Pindah silang satu titik diilustrasikan pada gambar 2.8.



**Gambar 2.8** Proses pindah silang satu titik

b. *Crossover* dua titik

Proses *crossover* dua titik ini dilakukan dengan memilih dua titik *crossover*. Kromosom keturunan kemudian dibentuk dengan barisan bit kromosom diantara kedua titik *crossover* dari orangtua pertama dan orangtua kedua saling dipertukarkan. Pindah silang dua titik diilustrasikan pada gambar 2.9.



**Gambar 2.9** Proses pindah silang dua titik

5. Mutasi

Mutasi adalah proses membalikkan bit pada kromosom. Tujuan adanya mutasi adalah untuk mencegah terlalu miripnya kromosom satu dengan kromosom lainnya pada populasi dan untuk mencegah kemungkinan terjadi lokal optimal. Cara kerja mutasi adalah dengan mengubah bit 0 menjadi 1 atau sebaliknya.

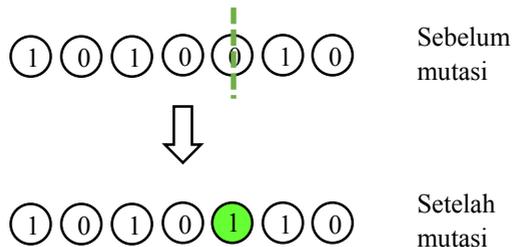
Peluang mutasi didefinisikan sebagai persentasi dari jumlah total gen pada populasi yang mengalami mutasi. Peluang mutasi mengendalikan banyaknya gen atau bit baru yang akan dimasukkan kedalam populasi untuk generasi berikutnya. Jika peluang mutasi terlalu kecil, banyak gen atau bit yang mungkin berguna tidak pernah dievaluasi. Tetapi bila terlalu besar maka akan

banyak gangguan acak, sehingga anak atau kromosom baru akan mulai kehilangan kemiripan dengan induknya.

Beberapa cara operasi mutasi dalam algoritma genetika antara lain sebagai berikut:

a. Mutasi biner

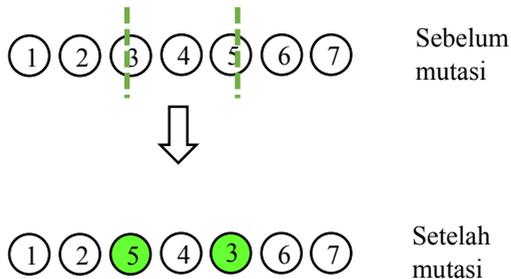
Mutasi biner merupakan operasi yang sangat sederhana. Mutasi ini dilakukan dengan cara mengganti satu atau beberapa nilai gen dari kromosom. Gen yang akan dimutasi dipilih secara acak pada kromosom yang terpilih untuk dimutasi. Nilai dari gen diganti dari 0 ke 1, atau 1 ke 0 dari kromosom yang akan dimutasi tersebut. Berikut proses mutasi biner diilustrasikan pada gambar 2.10.



**Gambar 2.10** Proses mutasi biner

b. Mutasi kromosom permutasi

Proses mutasi dalam pengkodean permutasi tidak dapat dilakukan langsung dengan mengganti nilai bit pada kromosom. Hal ini dikarenakan konsistensi urutan permutasi harus diperhatikan. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan memilih dua posisi dari kromosom dan kemudian nilainya saling dipertukarkan. Berikut proses mutasi kromosom permutasi diilustrasikan pada gambar 2.11.



**Gambar 2.11** Proses mutasi kromosom permutasi

#### 6. Evaluasi Solusi

Evaluasi digunakan untuk menghitung nilai fitness setiap individu. Semakin besar fitness maka semakin baik individu tersebut untuk dijadikan calon solusi. Nilai fitness menyatakan baik tidaknya suatu solusi (individu). Nilai fitness ini yang dijadikan acuan dalam mencapai nilai optimal dalam algoritma genetika. Proses evaluasi dilakukan pada setiap individu dalam populasi. Proses ini akan dilakukan terus menerus sampai dengan satu siklus proses evolusi atau satu iterasi untuk mendapatkan individu dengan nilai fitness yang optimal.

### 2.5. *Geographic Information System (GIS)*

*Geographic Information System (GIS)* atau Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem informasi yang berdasar pada data keruangan dan merepresentasikan objek di bumi. Data dalam SIG terdiri atas dua komponen yaitu data spasial yang berhubungan dengan geometri bentuk keruangan dan data atribut yang memberikan informasi tentang bentuk keruangannya. Data spasial adalah data yang bereferensi geografis atas representasi objek di bumi. Data spasial pada umumnya berdasarkan peta yang berisikan interpretasi dan proyeksi seluruh fenomena yang berada di bumi.

Data spasial memiliki dua jenis tipe yaitu vektor dan raster. Model data vektor menampilkan, menempatkan, dan menyimpan data spasial dengan menggunakan titik-titik, garis-garis atau kurva, atau

poligon beserta atribut-atributnya. Model data raster menampilkan, dan menyimpan data spasial dengan menggunakan struktur matriks atau piksel-piksel yang membentuk grid.

Data-data pada Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat diperoleh dari beberapa sumber yaitu:

1. Peta

Peta merupakan sarana bagi penyimpanan dan penyajian data kondisi lingkungan, merupakan sumber informasi, menunjukkan posisi atau lokasi relatif (letak suatu tempat dalam hubungannya dengan tempat lain) di permukaan bumi, memperlihatkan ukuran, memperlihatkan atau menggambarkan bentuk-bentuk permukaan bumi, dan menyajikan data tentang potensi suatu daerah.

2. Penginderaan jauh

Penginderaan jauh atau *remote sensing* adalah suatu teknologi untuk memperoleh data atau informasi tentang suatu objek tanpa harus melakukan kontak langsung dengan yang objek yang dimaksud, seperti penginderaan jauh dengan menggunakan satelit.

3. Atribut sosial ekonomi

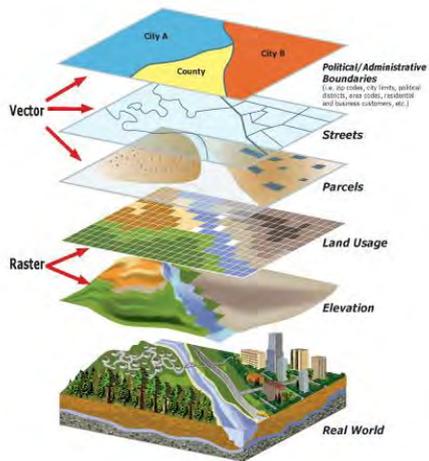
Sumber data sosial ekonomi dapat diperoleh dari terbitan resmi maupun catatan oleh badan resmi pemerintahan maupun swasta, yang meliputi sumber data sensus, survei atau sampel, dan registrasi.

4. Atribut sumber daya alam

Sumber data pada atribut sumber data alam dapat diperoleh dari tanah, geologi, vegetasi, penggunaantana.

5. Sistem manajemen data dasar

Sumber data pada sistem manajemen data dasar diperoleh dari menggabungkan data grafik dan data statistik. Sistem manajemen data dasar digunakan untuk menyimpan data atribut maupun data grafis.



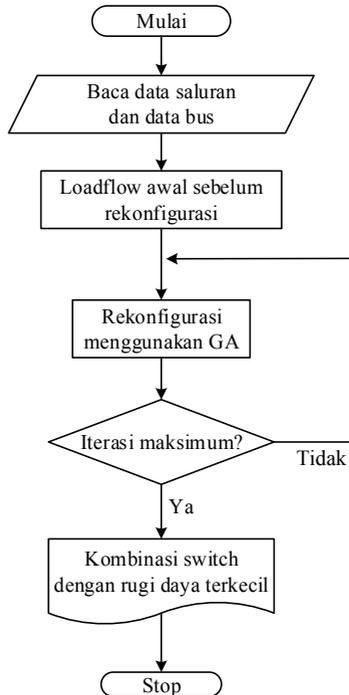
**Gambar 2.12** Bentuk data GIS

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

### BAB III

## REKONFIGURASI JARINGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA

Pada bab ini akan dibahas mengenai penerapan rekonfigurasi dengan metode algoritma genetika untuk menentukan konfigurasi jaringan yang menghasilkan rugi daya terkecil. Secara garis besar, proses pengerjaan tugas akhir ini ditunjukkan diagram alir pada gambar 3.1.

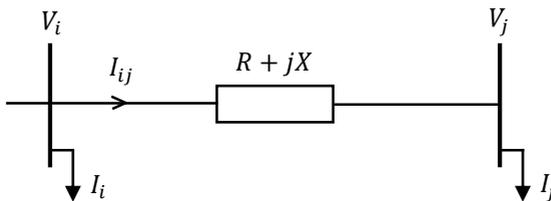


**Gambar 3.1** Diagram alir penelitian

### 3.1. Persamaan Aliran Daya

Pada tugas akhir ini metode yang digunakan menyelesaikan permasalahan aliran daya adalah metode *backward forward sweep*. Metode ini mempunyai komputasi efektif pada setiap iterasi dan solusi perhitungan numeriknya tepat. Dalam proses rekonfigurasi untuk menentukan konfigurasi dengan rugi daya terkecil diperlukan aliran daya dari setiap konfigurasi jaringan yang diperoleh.

Informasi yang diperoleh dari aliran daya berupa magnitud dan sudut fasa tegangan pada setiap bus. Selain itu, diperoleh arus, sudut arus, aliran daya aktif, dan aliran daya reaktif pada setiap saluran. Pada tugas akhir ini, fungsi objektif yang digunakan dalam proses optimasi adalah total rugi daya aktif.



**Gambar 3.2** Diagram satu garis untuk aliran daya

Dari gambar 3.2 diperoleh persamaan untuk perhitungan besar arus yang mengalir pada saluran.

$$I_i = \left( \frac{P_i + Q_i}{V_i} \right)^* \quad (3.1)$$

$$I_j = \left( \frac{P_j + Q_j}{V_j} \right)^* \quad (3.2)$$

$$I_{ij} = I_j \quad (3.3)$$

Dengan menerapkan hukum kirchoff tegangan maka diperoleh persamaan:

$$V_j = V_i - I_{ij} * (R + jX) \quad (3.3)$$

Rugi daya pada saluran yang menghubungkan antara bus  $i$  dan bus  $j$  dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$P_{loss(i,j)} = \frac{R_{ij}}{|V_j|^2} (P_j^2 + Q_j^2) \quad (3.4)$$

Dengan menjumlahkan rugi daya aktif pada setiap saluran maka diperoleh total rugi daya aktif, yang dinyatakan dalam persamaan berikut:

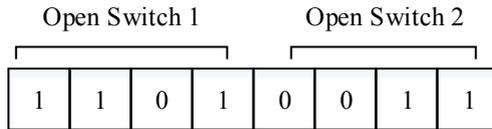
$$P_{total(loss)} = \sum_{k=1}^n P_{loss(i,j)} \quad (3.5)$$

### 3.2. Rekonfigurasi Jaringan Menggunakan Algoritma Genetika

Pada tugas akhir ini, rekonfigurasi jaringan distribusi dilakukan dengan menggunakan metode Algoritma Genetika (AG). Rekonfigurasi sendiri merupakan suatu proses merubah topologi jaringan distribusi dengan mengubah status dari *switch* yang terpasang pada jaringan. Tujuan dilakukan rekonfigurasi jaringan adalah untuk mengurangi rugi-rugi daya aktif pada sistem.

#### 3.2.1. Teknik Pengkodean

Teknik pengkodean adalah bagaimana mengkodekan gen dari kromosom, dimana gen merupakan bagian dari kromosom. Pada tugas akhir ini, teknik pengkodean dilakukan dengan merepresentasikan gen dari kromosom atau individu dalam bentuk string bit. Dimana individu dinyatakan dalam 8 gen biner. Pada gambar 3.3 di bawah diperlihatkan individu yang terdiri dari 8 gen biner dimana setiap 4 gen biner merepresentasikan satu *switch* yang akan dibuka.

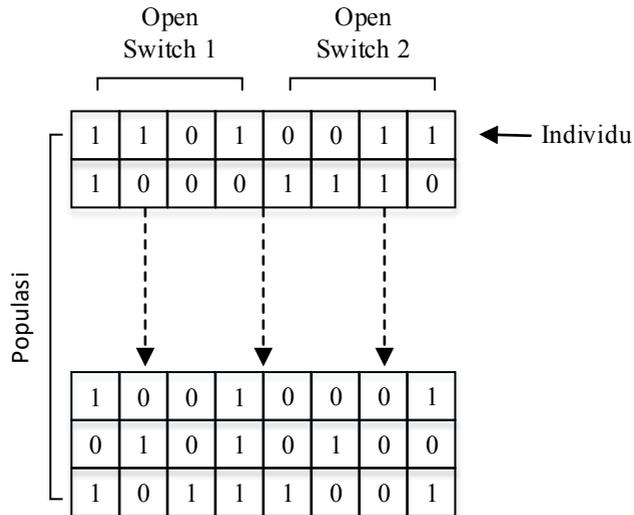


**Gambar 3.3** Pengkodean individu rekonfigurasi

### 3.2.2. Pembangkitan Populasi Awal

Membangkitkan populasi awal adalah proses pembangkitan sejumlah individu secara acak atau melalui prosedur tertentu. Populasi ini berisikan individu-individu yang merepresentasikan suatu solusi. Pada tugas akhir ini, pembangkitan populasi dilakukan dengan cara random atau acak. Pembangkitan populasi dilakukan pertama kali sebelum menjalani proses evolusi. Setiap individu dalam populasi akan dievaluasi nilai fitnessnya. Individu dengan rugi daya terkecil akan menjadi solusi awal. Nilai fitness ini akan dibandingkan dengan nilai fitness terbaik pada generasi berikutnya. Jika rugi daya pada generasi berikutnya lebih kecil dari rugi daya pada generasi awal maka nilai fitness atau rugi daya pada generasi ke-*n* akan menggantikan nilai fitness sebelumnya. Dan sebaliknya, jika nilai fitness atau rugi daya pada generasi sebelumnya lebih kecil dari generasi berikutnya maka nilai fitnessnya tidak berubah.

Setelah pembangkitan populasi awal dilakukan, maka populasi awal ini akan mengalami evolusi dengan menggunakan operator-operator algoritma genetika untuk mendapatkan individu-individu baru. Pada gambar 3.4 di bawah diperlihatkan pembangkitan populasi awal yang terdiri dari beberapa individu.



**Gambar 3.4** Pembangkitan populasi awal

### 3.2.3. Seleksi

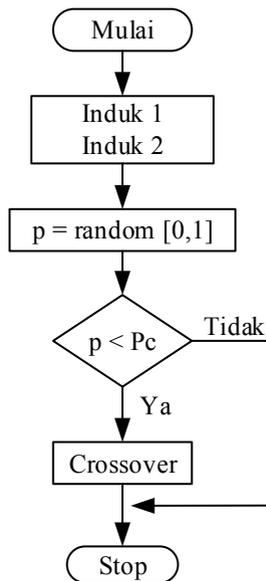
Setelah pembangkitan populasi awal maka langkah selanjutnya untuk menghasilkan populasi baru adalah seleksi. Seleksi digunakan untuk memilih individu-individu yang akan dipilih untuk proses selanjutnya yaitu proses *crossover* (kawin silang) dan mutasi. Pada tugas akhir ini, metode seleksi yang digunakan adalah seleksi acak yaitu memilih individu dalam populasi secara acak.

### 3.2.4. Pindah Silang (Crossover)

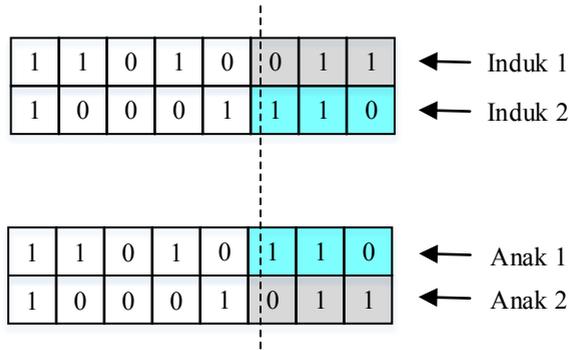
*Crossover* atau pindah silang adalah operator dari algoritma genetika yang melibatkan dua induk atau orang tua dengan melakukan operasi pertukaran pada gen-gen yang bersesuaian untuk membentuk suatu individu baru. Orang tua yang telah dipilih dari proses seleksi selanjutnya akan mengalami proses pindah silang. Pada tugas akhir ini, metode pindah silang menggunakan metode pindah silang satu titik. Pada metode ini, langkah pertama yang dilakukan adalah

menentukan titik potong dengan cara acak sebagai titik perpotongan untuk pertukaran gen dari kedua orang tua. Gen yang berada setelah titik potong dari kedua orang tua akan dipertukarkan sehingga menghasilkan keturunan atau individu yang baru.

Selain itu, proses pindah silang sangat bergantung pada probabilitas pindah silang yang ditentukan sebelumnya. Jika nilai random yang dibangkitkan lebih kecil dari nilai probabilitas pindah silang maka akan dilakukan proses pindah silang dan sebaliknya. Pada tugas akhir ini ditentukan nilai probabilitas pindah silang ( $P_c$ ) sebesar 0,8. Pada gambar 3.5 diperlihatkan diagram alir proses pindah silang dan gambar 3.6 diperlihatkan metode pindah silang satu titik.



**Gambar 3.5** Diagram alir proses pindah silang

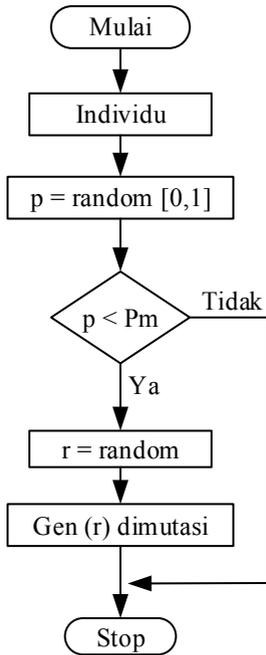


**Gambar 3.6** Proses pindah silang satu titik

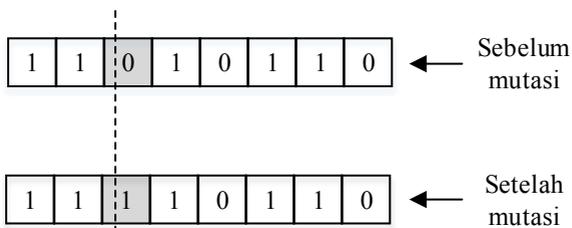
### 3.2.5. Mutasi

Operator algoritma genetika selain pindah silang adalah mutasi. Mutasi adalah proses membalikkan bit pada kromosom atau individu. Proses mutasi dilakukan dengan mengubah bit 0 menjadi 1 atau sebaliknya. Pada tugas akhir ini, metode mutasi yang digunakan adalah mutasi biner dengan hanya mutasi pada satu gen dalam satu individu. Pada metode, langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan individu yang akan mengalami proses mutasi. Setelah individu dipilih maka langkah selanjutnya adalah menentukan gen secara acak dalam individu. Kemudian mengganti gen yang terpilih dengan nilai invers dari gen yang terpilih. Jika gen yang terpilih mempunyai bit 0 maka setelah proses mutasi nilai bit dari akan berubah menjadi 1 dan sebaliknya.

Selain itu, proses mutasi juga sangat bergantung pada probabilitas mutasi yang ditentukan sebelumnya. Jika nilai acak yang dibangkitkan lebih kecil dari nilai probabilitas mutasi maka akan dilakukan proses mutasi dan sebaliknya. Pada tugas akhir ini ditentukan nilai probabilitas mutasi ( $P_m$ ) sebesar 0,05. Pada gambar 3.7 diperlihatkan diagram alir proses mutasi dan gambar 3.8 diperlihatkan metode mutasi biner pada satu gen.



**Gambar 3.7** Diagram alir proses mutasi



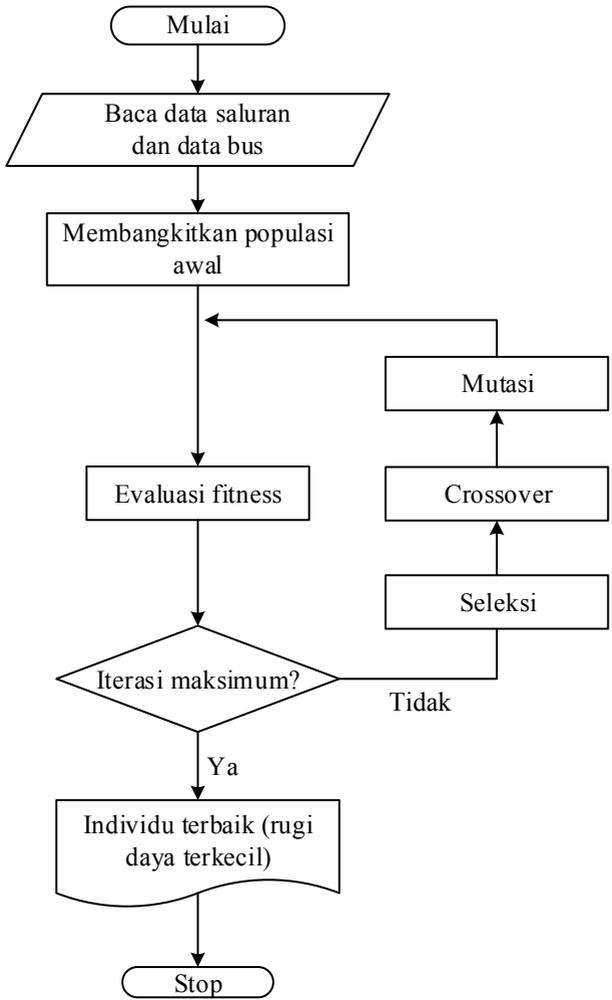
**Gambar 3.8** Proses mutasi biner

### 3.2.6. Evaluasi

Setelah individu-individu baru diperoleh dari proses pindah silang dan mutasi maka individu akan dievaluasi. Evaluasi individu digunakan untuk mengevaluasi atau memperoleh nilai fitness terbaik dari individu pada setiap generasi atau iterasi. Nilai fitness ini menyatakan baik tidaknya suatu solusi (individu). Nilai fitness ini yang dijadikan acuan dalam mencapai nilai optimal dalam algoritma genetika. Pada setiap generasi atau iterasi yang dilakukan akan didapatkan sejumlah fitness dari individu dengan rugi daya aktif terkecil.. Rugi daya aktif yang menghubungkan antara bus  $i$  dan bus  $j$  serta rugi daya total dari setiap penyulang dinyatakan dalam persamaan 3.4 dan 3.5 di atas.

$$P_{loss(i,j)} = \frac{R_{ij}}{|V_j|^2} (P_j^2 + Q_j^2)$$
$$P_{total(loss)} = \sum_{k=1}^n P_{loss(i,j)}$$

Rugi daya aktif inilah yang dijadikan sebagai nilai fitness. Dalam satu generasi akan didapat satu fitness yaitu nilai rugi daya yang paling minimal yang terbaik dari beberapa fitness sejumlah populasi. Jika parameter-parameter dari individu memenuhi batasan-batasan yang ditetapkan maka solusi yang menghasilkan fitness tersebut akan dipertahankan. Namun jika tidak memenuhi persyaratan akan dihapus. Dari nilai fitness yang didapatkan pada setiap generasi atau iterasi maka akan dipilih satu nilai fitness yang terkecil. Nilai fitness yang terkecil inilah yang akan ditampilkan dan menjadi solusi dari permasalahan rekonfigurasi yang dilakukan dengan algoritma genetika. Berikut adalah diagram alir algoritma genetika ditunjukkan pada gambar 3.9.



**Gambar 3.9** Diagram alir algoritma genetika

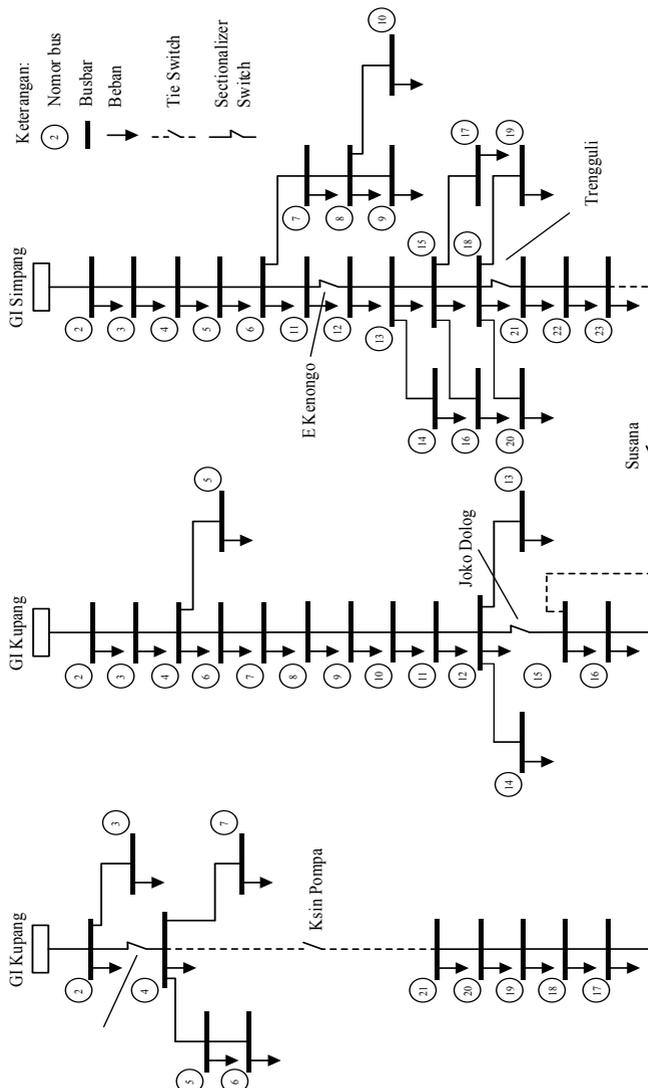
## **BAB IV**

### **SIMULASI DAN ANALISIS**

Pada bab ini akan dibahas mengenai simulasi yang telah dilakukan dengan *software* Smallworld Emacs pada jaringan distribusi radial Kaliasin, Tegal Sari, dan Tunjungan Plaza. Simulasi dilakukan pada dua kasus yakni pada sistem saat sebelum dilakukan rekonfigurasi dan sistem saat setelah rekonfigurasi. Pada tugas akhir ini, hasil simulasi yang diperoleh dari sistem dasar atau sebelum dilakukan rekonfigurasi adalah rugi-rugi daya saluran dan nilai tegangan dari masing-masing bus pada tiap-tiap penyulang. Rugi daya total sistem akan diminimalkan dengan melakukan rekonfigurasi pada ketiga penyulang tersebut.

Proses rekonfigurasi dilakukan dengan menggunakan metode algoritma genetika seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Algoritma genetika digunakan untuk proses optimasi yaitu menentukan kombinasi dari *switch-switch* yang terpasang pada tiap-tiap penyulang yang menghasilkan rugi daya aktif total paling kecil. Adapun fungsi objektif yang digunakan untuk menentukan kombinasi tersebut adalah rugi daya total terkecil dari ketiga penyulang.

Pada tugas akhir ini, data yang digunakan ada 3 penyulang yaitu penyulang Kaliasin dengan jumlah bus sebanyak 7 bus, penyulang Tegal Sari dengan jumlah bus sebanyak 21 bus, dan penyulang Tunjunga Plaza dengan jumlah bus sebanyak 23 bus. Adapun data saluran berupa nilai resistansi dan reaktansi saluran dan data beban berupa daya aktif dan daya reaktif pada masing-masing bus yang terdapat pada lampiran 1 akan digunakan dalam perhitungan aliran daya. Analisa aliran daya yang digunakan pada tugas akhir ini menggunakan metode backward forward. Parameter yang diperhatikan dari hasil simulasi adalah tegangan pada tiap bus masing-masing penyulang dan rugi daya aktif total. Kondisi telah mencapai optimal apabila tegangan pada tiap bus berada pada rentang 19 kV sampai 21 kV dan rugi daya aktif total adalah yang paling minimal. Adapun diagram satu garis dari penyulang Kaliasin, penyulang Tegal Sari, dan penyulang Tunjungan Plaza dapat dilihat pada gambar 4.1 di bawah ini.



**Gambar 4.1** Diagram satu garis penyulang Kaliasin, Tegal Sari, dan Tunjungan Plaza

#### 4.1. Hasil Simulasi Sebelum Rekonfigurasi

Hasil simulasi yang diperoleh dari sistem dasar atau sebelum dilakukan rekonfigurasi adalah rugi-rugi daya saluran dan nilai tegangan dari masing-masing bus pada tiap-tiap penyulang. Data bus dan data saluran dari masing-masing penyulang dilakukan perhitungan aliran daya. Adapun hasil perhitungan yang diperoleh disajikan pada tabel 4.1, 4.2, 4.3, dan 4.4.

**Tabel 4.1** Hasil simulasi sebelum rekonfigurasi penyulang Kaliasin

Bus Kirim	Bus Terima	Arus (A)		Rugi Daya	
		Magnitud	Sudut	P (kW)	Q (kVAR)
1	2	55,75	-26,77	0,2092	0,1026
2	3	8,75	-30,96	0,0021	0,001
2	4	34,83	-22,11	0,1253	0,1051
4	5	9,85	-23,97	0,0055	0,0027
5	6	4,93	-23,97	0,0002	0,0001
4	7	18,00	-16,48	0,0429	0,0211
Total Rugi Daya				<b>0,39</b>	<b>0,23</b>

**Tabel 4.2** Hasil simulasi sebelum rekonfigurasi penyulang Tegal Sari

Bus Kirim	Bus Terima	Arus (A)		Rugi Daya	
		Magnitud	Sudut	P (kW)	Q (kVAR)
1	2	126,94	-31,62	0,3555	0,1744
2	3	116,39	-31,63	0,443	0,2173
3	4	104,34	-31,36	0,1455	0,0714
4	5	5,83	-30,96	0,0002	0,0001
4	6	91,04	-30,93	0,1343	0,0659

Bus Kirim	Bus Terima	Arus (A)		Rugi Daya	
		Magnitud	Sudut	P (kW)	Q (kVAR)
6	7	88,60	-30,82	0,132	0,0647
7	8	86,11	-30,64	0,0656	0,0322
8	9	74,96	-31,25	0,0962	0,0472
9	10	71,74	-31,64	0,1687	0,0829
10	11	64,79	-31,79	0,1582	0,057
11	12	62,53	-32,43	0,123	0,0412
12	13	12,55	-23,49	0,0021	0,001
12	14	11,11	-35,83	0,0043	0,0022
12	15	35,44	-34,40	0,0989	0,0424
15	16	31,83	-34,48	0,0601	0,0295
16	17	26,42	-34,64	0,0033	0,0016
17	18	25,31	-35,00	0,0353	0,0173
18	19	17,80	-34,22	0,0038	0,0019
19	20	12,39	-34,45	0,0032	0,0016
20	21	1,12	-26,55	0,0000	0,0000
Total Rugi Daya				<b>2,03</b>	<b>0,95</b>

**Tabel 4.3** Hasil simulasi sebelum rekonfigurasi penyulang Tunjungan Plaza

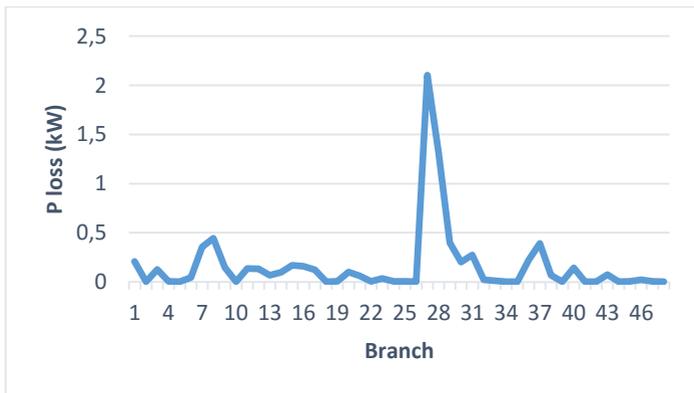
Bus Kirim	Bus Terima	Arus (A)		Rugi Daya	
		Magnitud	Sudut	P (kW)	Q (kVAR)
1	2	170,96	-29,86	2,1039	1,0321
2	3	168,73	-29,91	1,3139	0,6446
3	4	163,70	-30,01	0,3985	0,1956

Bus Kirim	Bus Terima	Arus (A)		Rugi Daya	
		Magnitud	Sudut	P (kW)	Q (kVAR)
4	5	156,25	-29,68	0,2024	0,0991
5	6	149,11	-29,92	0,2737	0,1343
6	7	36,46	-30,08	0,0217	0,0107
7	8	27,27	-30,33	0,0121	0,006
8	9	8,40	-26,56	0,0015	0,0007
8	10	6,96	-30,25	0,0027	0,0011
6	11	109,05	-29,74	0,2224	0,109
11	12	106,81	-29,80	0,3918	0,1922
12	13	95,63	-30,18	0,0656	0,0322
13	14	8,56	-20,55	0,002	0,001
13	15	83,60	-31,02	0,141	0,0692
15	16	3,17	-18,43	0,0002	0,0001
15	17	9,20	-29,35	0,001	0,0005
15	18	58,85	-30,71	0,0728	0,0357
18	19	10,08	-26,56	0,0012	0,0006
18	20	16,80	-26,56	0,0033	0,0016
18	21	26,40	-33,38	0,0223	0,011
21	22	18,91	-32,00	0,0038	0,0019
22	23	7,92	-34,69	0,0004	0,0002
Total Rugi Daya				<b>5,26</b>	<b>2,58</b>

**Tabel 4.4** Total rugi daya 3 penyulang sebelum rekonfigurasi

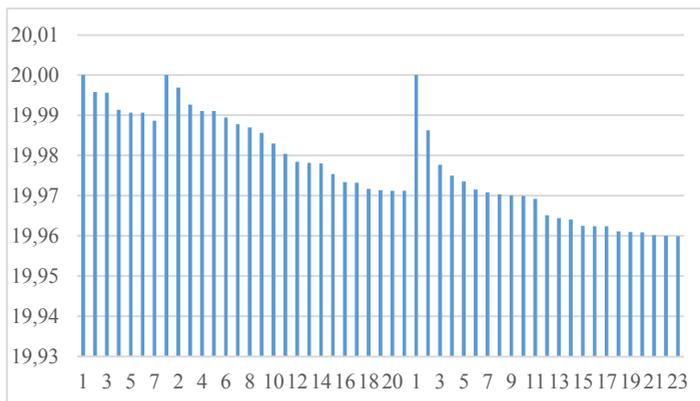
No.	Penyulang	Total Rugi Daya	
		P (kW)	Q (kVAR)
1	Kaliasin	0,39	0,23
2	Tegal Sari	2,03	0,95
3	Tunjungan Plaza	5,26	2,58
<b>Total Rugi Daya Sistem</b>		<b>7,68</b>	<b>3,76</b>

Hasil simulasi di atas merupakan hasil simulasi yang diperoleh dari perhitungan analisa aliran daya pada ketiga penyulang sebelum dilakukan rekonfigurasi. Total rugi daya pada sistem diperoleh dari jumlah rugi daya total dari ketiga penyulang. Dari hasil simulasi pada tabel 4.4 di atas, total rugi daya aktif dari ketiga penyulang sebesar 7,68 kW. Sedangkan total rugi daya reaktif ketiga penyulang sebesar 3,76 kVAR. Untuk lebih jelasnya, hasil simulasi akan disajikan dalam bentuk grafik seperti pada gambar 4.2 di bawah ini.



**Gambar 4.2** Grafik rugi daya aktif sebelum rekonfigurasi

Pada gambar 4.2 di atas menunjukkan rugi daya pada saluran dari ketiga penyulang. Dari grafik di atas terlihat bahwa rugi daya terbesar berada pada cabang ke-27 atau yang menghubungkan antara bus 1 dan 2 pada penyulang Tunjungan Plaza sebesar 2,1039 kW. Hal ini disebabkan karena pada cabang tersebut mengalir arus yang besar untuk menyuplai beban. Berikut adalah grafik yang menunjukkan tegangan pada setiap bus dari ketiga penyulang.



**Gambar 4.3** Grafik tegangan sebelum rekonfigurasi

Pada gambar 4.3 di atas menunjukkan tegangan pada setiap bus dari ketiga penyulang. Dari grafik di atas terlihat bahwa tegangan setiap bus dari ketiga penyulang masih berada pada batas yang diijinkan yaitu antara 19 sampai dengan 21 kV, dengan tegangan terendah berada pada bus ujung dari masing-masing penyulang.

Dari simulasi yang telah dilakukan pada kondisi sebelum rekonfigurasi diperoleh total rugi daya aktif sistem sebesar 7,68 kW. Total rugi daya ini akan diminimalkan dengan melakukan rekonfigurasi pada ketiga penyulang dengan menggunakan algoritma genetika. Hasil simulasi setelah dilakukan rekonfigurasi akan disajikan pada sub bab selanjutnya.

#### 4.2. Hasil Simulasi Setelah Rekonfigurasi

Dari ketiga penyulang di atas, akan dilakukan rekonfigurasi dengan menggunakan metode algoritma genetika untuk mengurangi rugi daya aktif total dari sistem. Dari simulasi yang dilakukan juga akan di peroleh kombinasi *switch* dengan rugi daya aktif total paling minimal. Adapun hasil perhitungan yang diperoleh disajikan pada tabel 4.5, 4.6, 4.7, dan 4.8 di bawah ini.

**Tabel 4.5** Hasil simulasi setelah rekonfigurasi penyulang Kaliasin

Bus Kirim	Bus Terima	Arus (A)		Rugi Daya	
		Magnitud	Sudut	P (kW)	Q (kVAR)
1	2	117,38	-30,56	0,9274	0,4549
2	3	8,75	-30,96	0,0021	0,001
2	4	96,21	-29,70	0,9561	0,8022
4	5	9,86	-23,97	0,0055	0,0027
5	6	4,93	-23,97	0,0002	0,0001
4	7	18,01	-16,48	0,043	0,0211
4	8	61,84	-33,97	0,3098	0,17
8	9	60,73	-34,11	0,0208	0,0102
9	10	49,45	-33,85	0,0503	0,02
10	11	44,03	-33,87	0,0231	0,01
11	12	36,53	-33,26	0,0736	0,04
12	13	35,42	-33,47	0,006	0,00
13	14	30,01	-33,43	0,0534	0,03
14	15	26,39	-33,39	0,0081	0,00
15	16	18,48	-32,83	0,0023	0,00
16	17	7,51	-36,87	0,0006	0,00
Total Rugi Daya				<b>2,482</b>	<b>1,565</b>

**Tabel 4.6** Hasil simulasi setelah rekonfigurasi penyulang Tegal Sari

Bus Kirim	Bus Terima	Arus (A)		Rugi Daya	
		Magnitud	Sudut	P (kW)	Q (kVAR)
1	2	91,54	-30,54	0,1848	0,0907
2	3	80,99	-30,43	0,2145	0,1052
3	4	68,95	-29,80	0,0636	0,0312
4	5	5,83	-30,96	0,0002	0,0001
4	6	55,68	-28,73	0,0503	0,0246
6	7	53,25	-28,44	0,0477	0,0234
7	8	50,78	-28,03	0,0228	0,0112
8	9	39,60	-28,44	0,0268	0,0132
9	10	36,37	-28,96	0,0433	0,0213
10	11	29,42	-28,65	0,0326	0,0117
11	12	27,12	-29,87	0,0231	0,0077
12	13	12,55	-23,50	0,0021	0,001
12	14	11,11	-35,83	0,0043	0,0022
Total Rugi Daya				<b>0,716</b>	<b>0,344</b>

**Tabel 4.7** Hasil simulasi setelah rekonfigurasi penyulang Tunjungan Plaza

Bus Kirim	Bus Terima	Arus (A)		Rugi Daya	
		Magnitud	Sudut	P (kW)	Q (kVAR)
1	2	144,58	-29,22	1,5046	0,7381
2	3	142,35	-29,27	0,9351	0,4587
3	4	137,32	-29,36	0,2804	0,1376
4	5	129,88	-28,93	0,1398	0,0685

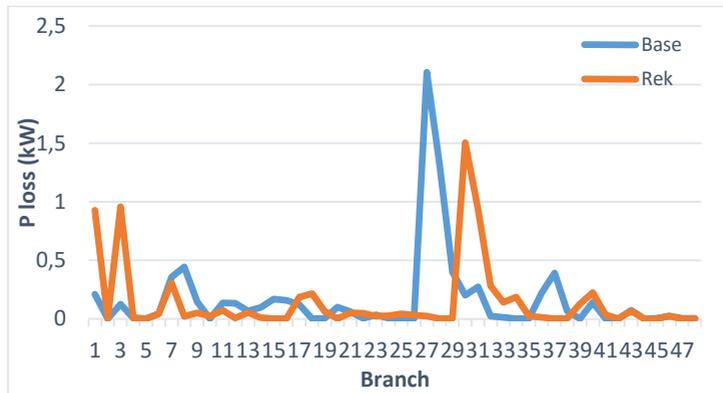
Bus Kirim	Bus Terima	Arus (A)		Rugi Daya	
		Magnitud	Sudut	P (kW)	Q (kVAR)
5	6	122,73	-29,18	0,1854	0,091
6	7	36,45	-30,08	0,0217	0,0107
7	8	27,26	-30,33	0,0121	0,006
8	9	8,40	-26,56	0,0015	0,0007
8	10	6,96	-30,25	0,0027	0,0011
6	11	82,69	-28,58	0,1279	0,0627
11	12	80,45	-28,63	0,2223	0,1091
12	13	69,26	-28,97	0,0344	0,0169
13	14	8,56	-20,55	0,002	0,001
13	15	57,21	-29,93	0,066	0,0324
15	16	3,17	-18,43	0,0002	0,0001
15	17	9,19	-29,35	0,001	0,0005
15	18	32,49	-28,54	0,0222	0,0109
18	19	10,08	-26,56	0,0012	0,0006
18	20	16,8	-26,56	0,0033	0,0016
Total Rugi Daya				<b>3,564</b>	<b>1,748</b>

**Tabel 4.8** Total rugi daya 3 penyulang setelah rekonfigurasi

No.	Penyulang	Total Rugi Daya	
		P (kW)	Q (kVAR)
1	Kaliasin	2,482	1,565
2	Tegal Sari	0,716	0,344
3	Tunjungan Plaza	3,564	1,747
<b>Total Rugi Daya Sistem</b>		<b>6,76</b>	<b>3,66</b>

Hasil simulasi di atas merupakan hasil simulasi yang diperoleh dari perhitungan analisa aliran daya pada ketiga penyulang setelah dilakukan rekonfigurasi. Dari hasil simulasi pada tabel 4.8 di atas total rugi daya aktif dari ketiga penyulang sebesar 6,76 kW. Sedangkan total rugi daya reaktif ketiga penyulang sebesar 3,66 kVAR.

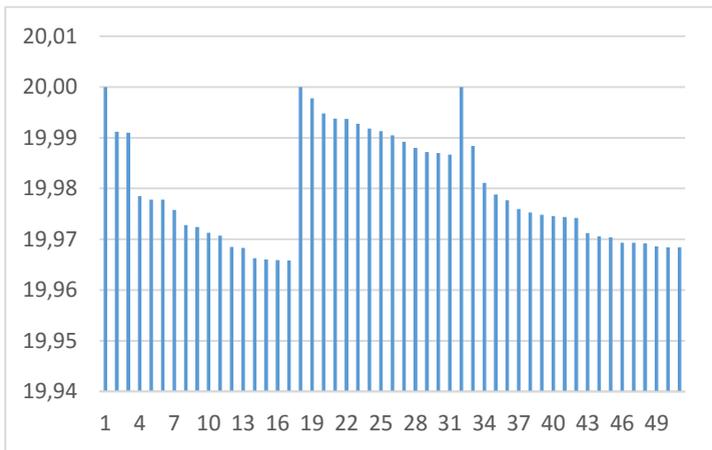
Hasil ini menunjukkan bahwa total rugi daya aktif sistem atau ketiga penyulang mengalami penurunan dari sebelum rekonfigurasi. Penurunan total rugi daya aktif sistem adalah sebesar 0,92 kW atau dalam persentasi sebesar 12 %. Hal ini disebabkan karena setelah dilakukan rekonfigurasi terjadi perubahan konfigurasi jaringan dari ketiga penyulang dengan cara membuka dan menutup *switch* yang terpasang pada masing-masing penyulang sehingga total rugi daya aktif sistem dapat diminimalkan. Untuk lebih jelasnya, hasil simulasi akan disajikan dalam bentuk grafik seperti pada gambar 4.4 di bawah ini.



**Gambar 4.4** Grafik perbandingan rugi daya aktif sebelum rekonfigurasi dan setelah rekonfigurasi

Pada gambar 4.4 di atas menunjukkan perbandingan rugi daya aktif sebelum rekonfigurasi dan setelah rekonfigurasi. Dari grafik di atas terlihat bahwa terlihat bahwa rugi daya setelah rekonfigurasi mengalami penurunan dan kenaikan pada beberapa bus. Hal ini disebabkan karena adanya perubahan konfigurasi

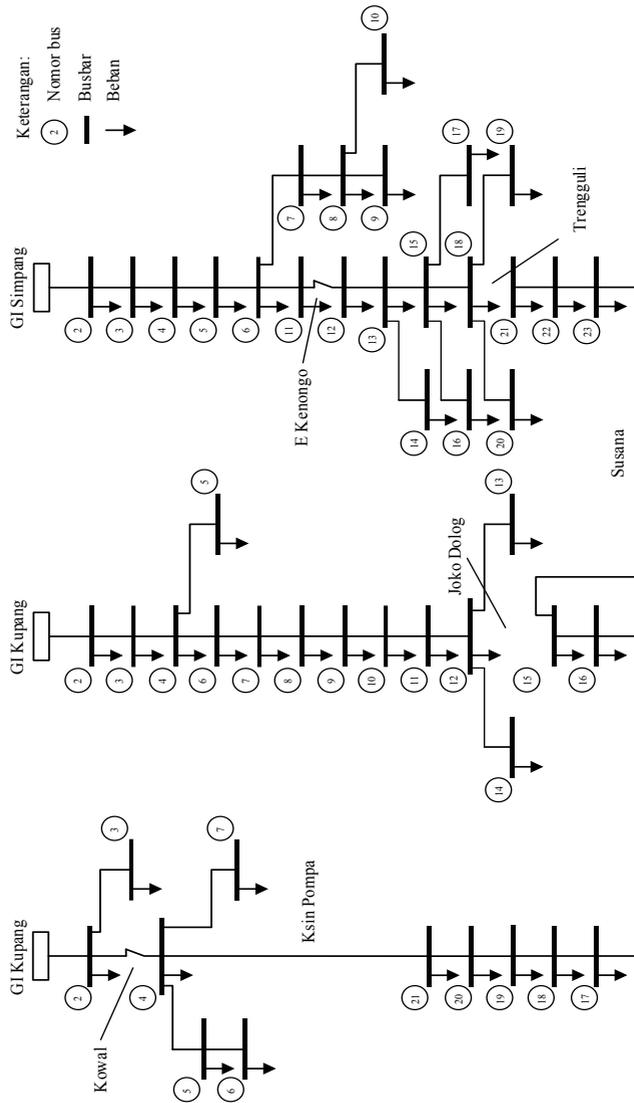
jaringan setelah dilakukan rekonfigurasi sehingga aliran daya dari sistem juga mengalami perubahan. Perubahan rekonfigurasi ini terjadi akibat buka tutup dari *switch* yang terpasang pada setiap penyulang. Berikut adalah grafik yang menunjukkan tegangan pada setiap bus setelah dilakukan rekonfigurasi dari ketiga penyulang.



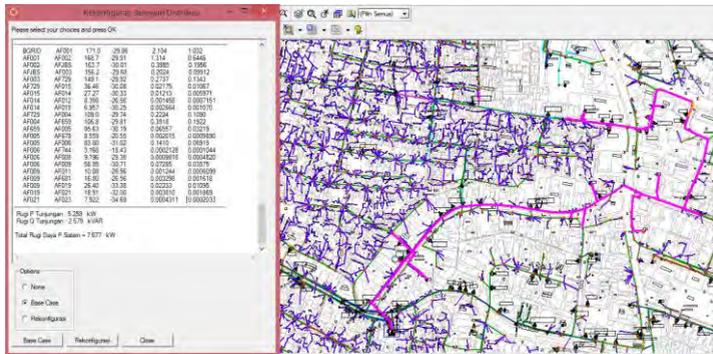
**Gambar 4.5** Grafik tegangan setelah rekonfigurasi

Pada gambar 4.5 di atas menunjukkan tegangan pada setiap bus setelah rekonfigurasi dari ketiga penyulang. Dari grafik di atas terlihat bahwa tegangan setiap bus dari ketiga penyulang masih berada pada batas yang diijinkan yaitu antara 19 sampai dengan 21 kV, dengan tegangan terendah berada pada bus ujung dari masing-masing penyulang.

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan, total rugi daya aktif sistem mengalami penurunan dari total rugi daya sebelum rekonfigurasi. Penuruna total rugi daya sistem sebesar 0,92 kW. Dari grafik di atas juga terlihat terjadi penurunan dan kenaikan rugi daya pada beberapa saluran. Kenaikan terjadi pada saluran Kaliasin dimana setelah rekonfigurasi penyulang Kaliasin mengalami penambahan beban dengan melayani beberapa beban dari penyulang tegal sari dan tunjungan plaza.



**Gambar 4.6** Diagram satu garis setelah rekonfigurasi





**Gambar 4.10** Tampilan GIS dari *switch* setelah rekonfigurasi

### 4.3. Hasil Pengujian Software

Hasil simulasi yang telah dilakukan dengan *software* Smallworld GIS GNU Emacs 21.2 perlu dilakukan pengujian agar dapat diketahui persentase kesalahan dari hasil simulasi program yang telah dibuat. Proses pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi program pada Smallworld dengan simulasi pada ETAP. Adapun hasil pengujian *software* ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

**Tabel 4.9** Hasil pengujian *software* sebelum rekonfigurasi

No.	Penyulang	Total Rugi Daya P (kW)		% Error
		Smallworld	ETAP	
1	Kaliasin	0,39	0,3851	1,267
2	Tegal Sari	2,03	2,0314	0,089
3	Tunjungan Plaza	5,26	5,2508	0,141
<b>Total Rugi Daya Sistem</b>		<b>7,68</b>	<b>7,667</b>	<b>0,184</b>

**Tabel 4.10** Hasil pengujian *software* setelah rekonfigurasi

No.	Penyulang	Total Rugi Daya P (kW)		% Error
		Smallworld	ETAP	
1	Kaliasin	2,48	2,4795	0,1130
2	Tegal Sari	0,72	0,7159	0,0302
3	Tunjungan Plaza	3,56	3,5598	0,1171
<b>Total Rugi Daya Sistem</b>		<b>6,76</b>	<b>6,7552</b>	0,1064

Dari tabel di atas, hasil pengujian software menunjukkan persentase kesalahan yang kecil antara hasil simulasi software Smallworld GIS GNU Emacs 21.2 dengan simulasi ETAP.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil simulasi dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Rekonfigurasi yang dilakukan mampu menunjukkan penurunan total rugi daya sistem. Penurunan total rugi daya dibandingkan dengan sebelum rekonfigurasi diperoleh penurunan total rugi daya sistem sebesar 0,92 kW atau menurunkan total rugi daya sistem sebesar 11,98%.
2. Hasil rekonfigurasi dari ketiga penyulang yang menghasilkan penurunan rugi daya sebesar 11,98% diperoleh dengan kombinasi switch adalah dengan membuka switch Joko Dolog pada penyulang Tegal Sari dan switch Trengguli pada penyulang Tunjungan Plaza.
3. Metode GA dapat memudahkan proses optimasi rekonfigurasi yang mampu menghasilkan solusi optimal untuk mendapatkan total rugi daya terkecil.

#### **5.2. Saran**

Adapun saran yang dapat diberikan untuk perbaikan dan pengembangan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengujian optimasi pada sistem tak seimbang yang berbasis GIS.
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan cara lain untuk mengurangi rugi daya seperti pemasangan kapasitor maupun *Distributed Generator* (DG) yang berbasis GIS.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## LAMPIRAN

### Data Sistem

#### Lampiran 1 Data saluran penyulang Kaliasin

Bus Kirim	Bus Terima	Kode Bus	Resistansi (Ohm)	Reaktansi (ohm)	Data Beban Pada Bus Terima	
					P (kW)	Q (kVAR)
1	2	AF164	0,006731	0,003302	200	150
2	3	AF141	0,02754	0,01351	150	90
2	4	AF168	0,10329	0,08667	120	80
4	5	AF166	0,05685	0,0279	90	40
5	6	AF167	0,00821	0,0043	90	40
4	7	AF161	0,1325	0,0650	345	102

#### Lampiran 2 Data saluran penyulang Tegalsari

Bus Kirim	Bus Terima	Kode Bus	Resistansi (Ohm)	Reaktansi (ohm)	Data Beban Pada Bus Terima	
					P (kW)	Q (kVAR)
1	2	AF137	0,02206	0,01082	180	110
2	3	AF138	0,0327	0,01604	200	135
3	4	AF139	0,01337	0,00656	120	90
4	5	AF140	0,0073	0,00358	100	60
4	6	AF142	0,01621	0,00795	40	28
6	7	AF657	0,01681	0,00824	40	30
7	8	AF143	0,00885	0,00434	200	100
8	9	AF730	0,01712	0,0084	60	25
9	10	AF144	0,03277	0,0161	120	70

Bus Kirim	Bus Terima	Kode Bus	Resistansi (Ohm)	Reaktansi (ohm)	Data Beban Pada Bus Terima	
					P (kW)	Q (kVAR)
10	11	AF668	0,03767	0,01357	46	12
11	12	AF145	0,03146	0,01053	60	40
12	13	AF714	0,01305	0,0064	230	100
12	14	AF146	0,03479	0,01809	180	130
12	15	AF148	0,07874	0,03372	60	40
15	16	AF149	0,05927	0,02907	90	60
16	17	AF150	0,00479	0,00235	20	10
17	18	AF153	0,05515	0,02705	120	90
18	19	AF154	0,01191	0,00584	90	60
19	20	AF156	0,02056	0,0101	184	130
20	21	AF158	0,00565	0,00277	20	10

**Lampiran 3** Data saluran penyalang Tunjungan Plaza

Bus Kirim	Bus Terima	Kode Bus	Resistansi (Ohm)	Reaktansi (ohm)	Data Beban Pada Bus Terima	
					P (kW)	Q (kVAR)
1	2	AF001	0,07198	0,03531	40	20
2	3	AF002	0,04615	0,02264	90	45
3	4	AFJBS	0,01487	0,0073	120	90
4	5	AF003	0,00829	0,00406	130	60
5	6	AF729	0,01231	0,00604	60	40
6	7	AF015	0,01636	0,00803	160	90
7	8	AF014	0,01631	0,00803	200	130
8	9	AF012	0,02068	0,01014	150	75

Bus Kirim	Bus Terima	Kode Bus	Resistansi (Ohm)	Reaktansi (ohm)	Data Beban Pada Bus Terima	
					P (kW)	Q (kVAR)
8	10	AF018	0,05505	0,0221	120	70
6	11	AF004	0,0187	0,00917	40	20
11	12	AF659	0,03434	0,01685	200	100
12	13	AF005	0,00717	0,00352	60	40
13	14	AF678	0,02751	0,0135	160	60
13	15	AF006	0,02017	0,0099	200	150
15	16	AF744	0,0212	0,0104	60	20
15	17	AF008	0,01161	0,0057	160	90
15	18	AF009	0,02103	0,01032	90	70
18	19	AF011	0,01224	0,0060	180	90
18	20	AF681	0,01168	0,00573	300	150
18	21	AF019	0,03203	0,01571	120	90
21	22	AF021	0,01066	0,00523	190	110
22	23	AF023	0,00687	0,00324	130	90
Switch						
Normally Open						
KSIN POMPA			0,08102	0,04348		
SUSANA			0,01167	0,00593		
Normally Close						
KOWAL			0,10329	0,08667		
JOKO DOLOG			0,07874	0,03372		
TRENGGULI			0,03203	0,01571		
E KENONGO			0,03434	0,01685		

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*