TUGAS AKHIR – EE 184801

REKONFIGURASI JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV PADA PENYULANG DI GARDU INDUK TARAHAN DENGAN METODE *BINARY PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* (BPSO) UNTUK MENGURANGI RUGI-RUGI DAYA PADA JARINGAN DISTRIBUSI

Muhammad Fabian Riza
NRP 07111740000033

Dosen Pembimbing
Dr. Dimas Fajar Uman Putra, S.T., M.T.
Dr. Ir. Ni Ketut Aryani M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2021

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

TUGAS AKHIR – EE 184801

REKONFIGURASI JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV PADA PENYULANG DI GARDU INDUK TARAHAN DENGAN METODE *BINARY PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* (BPSO) UNTUK MENGURANGI RUGI-RUGI DAYA PADA JARINGAN DISTRIBUSI

Muhammad Fabian Riza
NRP 07111740000033

Dosen Pembimbing
Dr. Dimas Fajar Uman Putra, S.T., M.T.
Dr. Ir. Ni Ketut Aryani M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2021

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

FINAL PROJECT – EE 184801

DISTRIBUTION NETWORK RECONFIGURATION OF FEEDER AT TARAHAN SUBSTATION USING BINARY PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (BPSO) METHOD TO REDUCE DISTRIBUTION NETWORK LOSS

Muhammad Fabian Riza
NRP 07111740000033

Supervisor(s)
Dr. Dimas Fajar Uman Putra, S.T., M.T.
Dr. Ir. Ni Ketut Aryani M.T.

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Intelligent Electrical and Informatics Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2021

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

PERNYATAAN KEASLIAN
TUGAS AKHIR

Dengan pernyataan ini, saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan dari Tugas Akhir saya dengan judul "**Rekonfigurasi Jaringan Distribusi 20 kV Pada Penyulang Di Gardu Induk Tarahan Dengan Metode Binary Particle Swarm Optimization (BPSO) untuk Mengurangi Rugi-Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi**" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 23 Juni 2021

Muhammad Fabian Riza
NRP. 0711 17 4000 0033

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

REKONFIGURASI JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV PADA PENYULANG DI GARDU INDUK TARAHAN DENGAN METODE BINARY PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (BPSO) UNTUK MENGURANGI RUGI - RUGI DAYA PADA JARINGAN DISTRIBUSI.

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga
Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Dr. Dimas Fajar Uman Putra, S.T., M.T.	Dr.Ir. Ni Ketut Aryani, MT.
NIP. 198811082012121001	NIP. 196509011991032002

SURABAYA
AGUSTUS, 2021

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

REKONFIGURASI JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV PADA PENYULANG DI GARDU INDUK TARAHAN DENGAN METODE *BINARY PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* (BPSO) UNTUK MENGURANGI RUGI-RUGI DAYA PADA JARINGAN DISTRIBUSI

Nama Mahasiswa	: Muhammad Fabian Riza
NRP	: 07111740000033
Dosen Pembimbing I	: Dr. Dimas Fajar Uman Putra, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing II	: Dr. Ir. Ni Ketut Aryani, M.T.

ABSTRAK

Sistem distribusi merupakan salah satu sistem terpenting dalam tenaga listrik. Dengan perkembangan sistem distribusi tenaga listrik yang sangat cepat, hal ini juga dapat menimbulkan berbagai permasalahan pada sistem distribusi itu sendiri. Permasalahan yang paling banyak di jumpai pada sistem distribusi adalah rugi daya pada saluran. Salah satu cara untuk mengurangi rugi daya pada saluran distribusi adalah dengan melakukan rekonfigurasi jaringan distribusi. Rekonfigurasi jaringan sendiri adalah melakukan strukturisasi ulang saluran yang terhubung ke berbagai bus di sistem tenaga. Rekonfigurasi diperlukan untuk meningkatkan kualitas penyaluran daya listrik ke konsumen. Pada penelitian ini akan dilakukan rekonfigurasi jaringan distribusi pada penyulang di GI Tarahan Bandar Lampung yang memiliki 6 penyulang yaitu penyulang Gelombang, penyulang Laut, penyulang Buih, penyulang Samudera, penyulang Surut dan penyulang Pasang. Metode *Binary Particle Swarm Optimization (BPSO)* digunakan untuk merekonfigurasi jaringan sehingga didapatkan konfigurasi *switch* terbaik dengan rugi – rugi daya paling minimal. Setelah dilakukannya rekonfigurasi didapat penurunan rugi – rugi daya sebesar 31.7891% untuk daya aktif dan 31.857 % untuk daya reaktif, dengan nilai rugi – rugi daya dari 256.7776 kW dan 455.7213 kVAr menjadi 175.1503 kW dan 310.5389 kVAr. Rekonfigurasi juga menaikkan tegangan minimum sistem dari 0.93912 pu menjadi 0.96549 pu.

Kata Kunci: Sistem Distribusi, *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO), Rugi –Rugi Daya, Rekonfigurasi Jaringan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DISTRIBUTION NETWORK RECONFIGURATION OF FEEDER AT TARAHAN SUBSTATION USING BINARY PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (BPSO) METHOD TO REDUCE DISTRIBUTION NETWORK LOSS

Student's Name	: Muhammad Fabian Riza
ID Number	: 07111740000033
Supervisor I	: Dr. Dimas Fajar Uman Putra, S.T., M.T.
Supervisor II	: Dr. Ir. Ni Ketut Aryan, M.T.

ABSTRACT

The distribution system is one of the most important systems in electric power. With the development of the electric power distribution system very quickly, this can also cause various problems in the distribution system itself. The most common problem encountered in the distribution system is the power loss on the line. One way to reduce power loss in distribution channels is to reconfigure the distribution network. Network reconfiguration itself is to restructure the channels connected to the various buses in the power system. Reconfiguration is needed to improve the quality of electricity distribution to consumers. In this study, the distribution network will be reconfigured for the feeder at GI Tarahan Bandar Lampung which has 6 feeders, namely the Gelombang feeder, the Laut feeder, the Buih feeder, the Samudera feeder, the Surut feeder and Pasang feeder. The Binary Particle Swarm Optimization (BPSO) method is used to reconfigure the network so that the best switch configuration is obtained with the least power losses. After reconfiguration, the power losses decreased by 31.7891% for active power and 31.857% for reactive power, with power losses from 256.7776 kW and 455.7213 kVAr to 175.1503 kW and 310.5389 kVAr. The reconfiguration also increased the minimum system voltage from 0.93912 pu to 0.96549 pu.

Keywords: Distribution System, Binary Particle Swarm Optimization (BPSO), Power Loss, Network Reconfiguration.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji Tuhan dan syukur penulis panjatkan kehadirat ALLAH SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul **"Rekonfigurasi Jaringan Distribusi 20 Kv Pada Penyulang Di Gardu Induk Tarahan Dengan Metode *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO) Untuk Mengurangi Rugi-Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi"**.

Adapun Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi S1 pada Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih atas bantuan, bimbingan, doa dan dukungan, kepada:

1. ALLAH SWT atas segala limpahan rahmat kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
2. Bapak Dr. Dimas Fajar Uman Putra, S.T., M.T. dan Ibu Dr. Ir. Ni Ketut Aryani, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing yang telah memberi bimbingan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Ibu, Ayah, dan adik atas dukungan dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
4. Semua dosen teknik elektro yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Teman – teman ITS Aceh yang telah memberikan motivasi serta sebagai tempat bertukar ilmu dan pengalaman selama kuliah di ITS.
6. Para asisten PSSL 2017 starting yang menjadi teman seperjuangan dalam proses menyelesaikan Tugas Akhir, serta juga adik-adik trainee 2018 dan calon trainee 2019
7. Pihak PLN UID. Lampung yang telah memberikan data - data yang dibutuhkan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu kritik dan saran diharapkan untuk penyempurnaan Tugas Akhir ini.

Surabaya, Juli 2021

Muhammad Fabian Riza
NRP. 0711 17 4000 0033

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR ..... **vii**

ABSTRAK ..... **xi**

ABSTRACT ..... **xiii**

KATA PENGANTAR ..... **xv**

DAFTAR ISI ..... **xvii**

DAFTAR GAMBAR ..... **xix**

DAFTAR TABEL ..... **xxi**

BAB 1 PENDAHULUAN **1**

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Tujuan 2

1.4 Batasan Masalah 2

1.5 Metodologi 3

1.6 Sistematika Penulisan 4

1.7 Relevansi 4

BAB 2 DASAR TEORI **7**

2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik 7

2.1.1 Jaringan Sistem Distribusi Radial 7

2.1.2 Jaringan Sistem Distribusi Loop/Ring 8

2.1.3 Jaringan Sistem Distribusi Spindel 9

2.2 Analisa Aliran Daya 9

2.3 Rekonfigurasi Jaringan Distribusi 10

2.4 *Binary Particle Swarm Optimization (BPSO)* 11

BAB 3 PEMODELAN SISTEM **15**

3.1 Metodologi Penelitian 15
3.2 Sistem Distribusi 20 kV PT. PLN (Persero) GI Tarahan 17
3.3 Data Simulasi 19
3.3.1 Data Generator Bus 19
3.3.2 Data Kabel atau Saluran 19
3.3.3 Data Penyulang 20
3.3.4 Data Rekonfigurasi 43
3.4 Fungsi Objektif dan *Constraint* Sistem 45
BAB 4 HASIL SIMULASI DAN ANALISIS DATA 47
4.1 Hasil Simulasi Sebelum Rekonfigurasi 47
4.2 Hasil Simulasi Setelah Rekonfigurasi 56
4.3 Analisa Hasil Rekonfigurasi 67
4.4 Validasi Hasil Simulasi 71
4.5 Perbandingan dengan Metode Lainnya 72
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 75
5.1 Kesimpulan 75
5.2 Saran 75
DAFTAR PUSTAKA 77
LAMPIRAN 79
BIODATA PENULIS 99

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jaringan Distribusi Radial 8
Gambar 2.2 Jaringan Distribusi Loop/Ring 8
Gambar 2.3 Jaringan Distribusi Spindel 9
Gambar 2.4 Diagram Alir Penerapan BPSO dalam Rekonfigurasi Jaringan Distribusi 13
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Tugas Akhir 15
Gambar 3.2 Peta Kelistrikan Penyulang pada GI Tarahan 17
Gambar 3.3 *Single Line Diagram* Penyulang pada GI Tarahan 18
Gambar 3.4 *Single Line Diagram* Penyulang Gelombang 21
Gambar 3.5 *Single Line Diagram* Penyulang Laut 22
Gambar 3.6 *Single Line Diagram* Penyulang Samudera 29
Gambar 3.7 *Single Line Diagram* Penyulang Buih 30
Gambar 3.8 *Single Line Diagram* Penyulang Surut 35
Gambar 3.9 *Single Line Diagram* Penyulang Pasang 39
Gambar 3.10 *Software Amadis* 44
Gambar 3.11 *Single Line Diagram* Penyulang pada GI Tarahan Setelah Penambahan Rencana Saluran Baru 44
Gambar 4.1 Grafik Rugi Daya Aktif Sebelum Rekonfigurasi 55
Gambar 4.2 Grafik Tegangan Sebelum Rekonfigurasi 56
Gambar 4.3 *Single Line Diagram* Setelah Rekonfigurasi 57
Gambar 4.4 Grafik Rugi Daya Aktif Setelah Rekonfigurasi 65
Gambar 4.5 Grafik Tegangan Setelah Rekonfigurasi 66
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Rugi – Rugi Daya Aktif Setiap Penyulang 68
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Rugi – Rugi Daya Reaktif Setiap Penyulang 69
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Rugi – Rugi Daya Aktif Percabang 69
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Rugi – Rugi Daya Reaktif Percabang 70
Gambar 4.10 Grafik Tegangan Sebelum dan Sesudah Rekonfigurasi 71
Gambar 4.11 Perbandingan Grafik Rugi – Rugi Daya Metode BPSO dengan *Merline and Back* 73
Gambar 4.12 Perbandingan Grafik Tegangan Metode BPSO dengan *Merline and Back* 73

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Keterangan Warna pada Penyulang di GI Tarahan 18
Tabel 3.2 Data Generator Bus 19
Tabel 3.3 Data Kabel yang Digunakan 19
Tabel 3.4 Data Bus Beban Penyulang Gelombang 21
Tabel 3.5 Data Impedansi Saluran Penyulang Gelombang 21
Tabel 3.6 Data Bus Beban Penyulang Laut 23
Tabel 3.7 Data Impedansi Saluran Penyulang Laut 26
Tabel 3.8 Data Bus Beban Penyulang Samudera 29
Tabel 3.9 Data Impedansi Saluran Penyulang Samudera 29
Tabel 3.10 Data Bus Beban Penyulang Buih 31
Tabel 3.11 Data Impedansi Saluran Penyulang Buih 33
Tabel 3.12 Data Bus Beban Penyulang Surut 36
Tabel 3.13 Data Impedansi Saluran Penyulang Surut 37
Tabel 3.14 Data Bus Beban Penyulang Pasang 39
Tabel 3.15 Data Impedansi Saluran Penyulang Pasang 41
Tabel 3.16 Data Rencana Saluran Baru 43
Tabel 3.17 Loop dari Sistem pada Penyulang di GI Tarahan 45
Tabel 4.1 Data Saluran Hasil Running Loadflow Sebelum Rekonfigurasi 48
Tabel 4.2 Rugi – Rugi Daya pada Setiap Penyulang Sebelum Rekonfigurasi.....55
Tabel 4.3 Data Saluran Hasil Running Loadflow Setelah Rekonfigurasi 57
Tabel 4.4 Rugi – Rugi Daya pada Setiap Penyulang Setelah Rekonfigurasi 66
Tabel 4.5 Hasil Simulasi Rekonfigurasi Jaringan Menggunakan BPSO 67
Tabel 4.6 Hasil Validasi Simulasi pada Sistem Eksisting 71
Tabel 4.7 Hasil Validasi Simulasi pada Sistem Setelah Rekonfigurasi 71
Tabel 4.8 Perbandingan Metode BPSO dengan Metode Lainnya 72

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini, perkembangan sistem distribusi tenaga listrik sangatlah cepat. Hal ini ditandai dengan meningkatnya jumlah konsumen dan kebutuhan listrik di berbagai sektor yaitu rumah tangga, industri, komersial dan sosial [1]. Sistem distribusi tenaga listrik dapat dikatakan baik, jika dapat menyalurkan daya ke konsumen secara kontinyu dan dengan kualitas yang telah memenuhi standar.

PT. PLN (Persero) sebagai perusahaan yang menyediakan daya listrik yang melayani sistem kelistrikan di Indonesia sudah seharusnya untuk terus meningkatkan kualitas pelayanan daya listrik ke pelanggan serta menjaga efisiensi penyaluran daya listrik. Sektor distribusi merupakan sektor yang terpenting karena merupakan sektor yang paling dekat dengan konsumen.

Sebagai saluran yang penting, maka gangguan yang terjadi harus diminimalisir. Dengan meningkatnya kebutuhan listrik mengakibatkan adanya penambahan beban. Jika beban semakin besar maka jaringan distribusi akan semakin luas yang dapat mengakibatkan gangguan yang terjadi semakin besar pula [2].

Permasalahan pada sistem distribusi tenaga listrik antara lain adalah rugi daya. Rugi daya sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter utama yaitu arus resistansi dan reaktansi pada penyulang [2]. Oleh karena itu, maka perlu dilakukannya rekonfigurasi jaringan pada sistem distribusi untuk mengurangi rugi daya.

Pada penelitian ini akan dilakukan rekonfigurasi jaringan pada penyulang yang terhubung di gardu induk Tarahan kota Banda Lampung. Jumlah penyulang yang di Gardu Induk Tarahan adalah 6 penyulang, yaitu penyulang Gelombang, penyulang Laut, penyulang Buih, penyulang Samudra, penyulang Surut dan penyulang Pasang. Keenam penyulang ini di supplai dengan total 2 unit Gardu Induk yaitu Tarahan #1 (30 MVA) dan Tarahan #2 (30 MVA).

Untuk mencapai kondisi sistem dengan kualitas yang baik, perlu dilakukannya rekonfigurasi ulang terhadap jaringan distribusi eksisting kota Bandar Lampung. Faktor terpenting untuk mencapai kualitas yang baik maka diperlukan ketepatan metode analisis, di mana dalam Tugas Akhir ini digunakan metode *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO) untuk mengurangi rugi – rugi daya pada saluran distribusi. Untuk pemodelan dan simulasi sistem akan digunakan *software* Matlab 2020a

sehingga dapat mencapai sistem distribusi dengan rugi daya yang minimal.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan di selesaikan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pemodelan sistem kelistrikan jaringan distribusi 20 kV pada penyulang di Gardu Induk Tarahan.
2. Bagaimana konfigurasi jaringan dengan rugi – rugi daya yang paling minimal menggunakan metode *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO).
3. Bagaimana penempatan *tie switches* dengan rugi – rugi daya yang paling minimal dalam jaringan distribusi.

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Memodelkan sistem jaringan distribusi pada penyulang di gardu induk Tarahan untuk dilakukannya simulasi.
2. Memperoleh rugi – rugi daya paling minimal dari rekonfigurasi jaringan dengan menggunakan metode *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO).
3. Memberikan rekomendasi penempatan *tie switches* dengan rugi – rugi daya yang paling minimal pada sistem jaringan distribusi GI Tarahan.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan sistem distribusi radial 20 kV pada Penyulang yang terdapat di Gardu Induk Tarahan di Kota Bandar Lampung.
2. Data yang digunakan untuk simulasi diperoleh dari PLN UID Lampung.
3. Simulasi dilakukan menggunakan *software* Matlab 2020a dengan plugin Matpower 7.1
4. Fungsi Objektif dalam optimasi dalam penelitian ini adalah rugi – rugi daya yang seminimal mungkin pada sistem jaringan distribusi 20 kV.
5. Menggunakan jaringan distribusi radial.
6. Tidak mempertimbangkan koordinasi proteksi dan harmonisa.

1.5 Metodologi

Langkah – langkah yang dilakukan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. **Studi Literatur**

   Hal yang pertama kali dilakukan ialah mencari referensi dan studi literatur mengenai rekonfigurasi jaringan sistem distribusi serta cara kerja *metode Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO) melalui buku, jurnal, maupun paper.

2. **Pengumpulan Data**

   Mengumpulkan data-data yang diperlukan untuk pengerjaan Tugas Akhir ini. Data yang diperlukan antara lain adalah *Single Line Diagram* (SLD, data trafo dan saluran distribusi, dan data beban. Data-data ini didapatkan dari PT. PLN (Persero) UID Lampung.

3. **Pemodelan Sistem dengan Matlab 2020a**

   Setelah data-data yang diperlukan telah terkumpul, selanjutnya data tersebut dapat digunakan untuk membuat pemodelan sistem kelistrikan jaringan distribusi pada penyulang di Gardu Induk Tarahan Bandar Lampung. Pemodelan sistem untuk melakukan simulasi sistem menggunakan *software* Matlab2020a.

4. **Simulasi Aliran Daya Sistem**

   Setelah pemodelan sistem selesai dibuat, langkah selanjutnya adalah mensimulasikan aliran daya pada sistem tersebut pada *software* Matlab2020a.

5. **Rekonfigurasi Jaringan dengan *Binary Particle Swarm Optimzation* (BPSO)**

   Setelah simulasi aliran daya, langkah selanjutnya adalah melakukan rekonfigurasi jaringan pada sistem eksisting dengan menggunakan *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO) untuk mengurangi rugi – rugi daya pada sistem.

6. **Analisis Rugi – Rugi Daya pada Sistem**

   Setelah dilakukannya rekonfigurasi jaringan, kemudian akan dilakukan dianalisis hasil dari simulasi sebelum dan sesudah dilakukannya rekonfigurasi jaringan distribusi.

7. **Penarikan Kesimpulan**

   Langkah berikutnya adalah melakukan penarikan kesimpulan hasil simulasi dan analisis sistem tersebut yang berkaitan dengan analisis aliran daya.

8. **Pembuatan Laporan**

Setelah proses simulasi, analisa dan kesimpulan sudah selesai, maka selanjutnya dilakukan penyusunan buku Tugas Akhir sesuai dengan format yang telah ditentukan.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan buku tugas akhir ini terbagi menjadi lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

Bab I : PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi penelitian, sistematika penulisan, dan relevansi dari tugas akhir.

Bab II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab II menjelaskan mengenai tentang teori pendukung yang berkaitan dengan topik Tugas Akhir. Teori pendukung ini meliputi analisa aliran daya menggunakan metode newton raphson, analisa aliran daya pada sistem distribusi radial, metode *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO), rekonfigurasi jaringan.

Bab III : PEMODELAN SISTEM

Pada bab ini akan membahas tentang data dan pemodelan jaringan sistem kelistrikan pada GI Tarahan Kota Bandar Lampung .

Bab IV : SIMULASI DAN ANALISIS

Bab IV menjelaskan tentang hasil dari rekonfigurasi jaringan pada sistem disribusi radial dengan rugi – rugi daya yang minimal.

Bab V : PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan atas hasil yang diperoleh dari penelitian tugas akhir ini serta dilengkapi dengan saran untuk membantu dalam pengembangan lebih lanjut.

1.7 Relevansi

Penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat, yaitu:

1. Memberikan referensi dalam perencanaan sistem jaringan distribusi untuk meminimalkan rugi - rugi daya jaringan distribusi.
2. Sebagai acuan untuk menentukan letak *tie – switches* dalam rekonfigurasi jaringan distribusi.

3. Memberikan kontribusi untuk PT. PLN (Persero) GI Tarahan dalam meningkatkan efisiensi jaringan distribusi primer.
4. Menjadi referensi bagi mahasiswa dalam penelitian di bidang rekonfigurasi jaringan distribusi.
5. Menambah pemahaman terkait Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) dalam bidang sistem tenaga terutama yang berhubungan dengan rekonfigurasi jaringan pada sistem distribusi.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

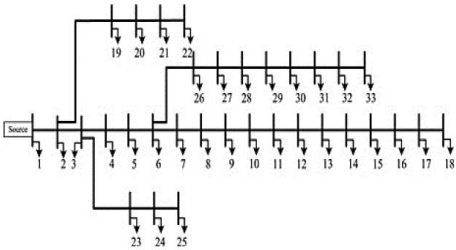
BAB 2
DASAR TEORI

2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Energi listrik bermula dari pusat-pusat pembangkit listrik seperti PLTU, PLTA, PLTG, PLTD, dan PLTN dengan tegangan biasanya 20 kV [3]. Pada umumnya pusat pembangkit berada jauh dari konsumen listrik sehingga tegangan dari pusat pembangkit dinaikkan menjadi 150 kV/70 kV dengan transformer penaik tegangan (*step up transformer*). Pemakaian tegangan tinggi ini diperlukan untuk berbagai tujuan, diantaranya penggunaan penampang penghantar menjadi lebih efisien karena arus yang mengalir akan menjadi kecil, kemudian tegangan tinggi ini akan disalurkan ke gardu induk (GI), lalu diturunkan menjadi tegangan menengah yaitu sebesar 20 kV. Setiap GI merupakan pusat beban untuk suatu daerah pelanggan tertentu. Tegangan menengah dari GI ini disalurkan melalui saluran distribusi primer ke berbagai gardu – gardu distribusi (GD) atau pemakai tegangan menengah [3]. Dalam sistem distribusi terdapat beberapa bentuk jaringan yang umum digunakan dalam menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik yaitu :
Jaringan distribusi radial, jaringan distribusi lingkaran (loop), jaringan distribusi spindle.

2.1.1 Jaringan Sistem Distribusi Radial

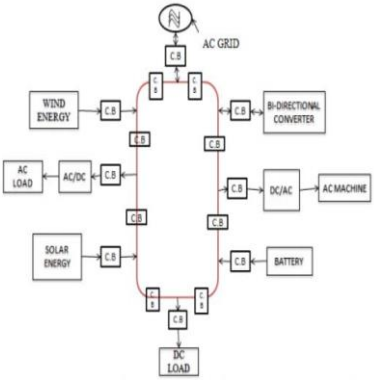
Jaringan Distribusi radial merupakan jaringan distribusi yang paling sering digunakan di sistem tenaga [4]. Grid radial membentuk topologi dengan bentuk menyerupai pohon, dimana tidak terdapatnya loop tertutup. Topologi seperti ini merupakan topologi yang paling simple dan murah untuk jaringan sistem tenaga listrik. Akan tetapi, jika suatu saluran terputus maka saluran yang dibawahnya juga akan mengalami kehilangan daya. Jaringan radial memiliki struktur yang dimulai dari node dimana pembangkitan terhubung [4]. Saluran terhubung dari feeder utama hingga ke beban.



Gambar 2.1 Jaringan Distribusi Radial [4]

2.1.2 Jaringan Sistem Distribusi Loop/Ring

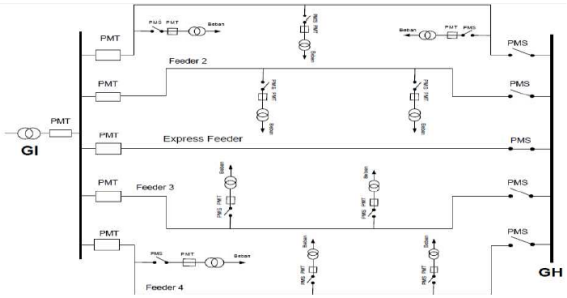
Jaringan distribusi *loop* merupakan jaringan distribusi yang menyalurkan daya listrik dengan sistem seperti lingkaran, dimana jaringan ini memiliki keuntungan besar dalam keandalan dan juga rugi daya yang lebih kecil [4].Akan tetapi sistem proteksinya akan lebih sulit dibandingkan dengan sistem distribusi radial [4]. Sistem distribusi dengan jaringan *loop* dibagi menjadi dua sumber, yaitu sumber utama dan cadangan, sehingga jika salah satu sumber utama terkena gangguan, sumber cadangan dapat memasok daya yang hilang [3]. Jaringan ini sangat bagus digunakan pada sistem distribusi yang melayani daerah dengan kebutuhan beban tinggi dan kontinyu.



Gambar 2.2 Jaringan Distribusi Loop/Ring [4]

2.1.3 Jaringan Sistem Distribusi Spindel

Jaringan distribusi spindle merupakan jaringan distribusi berupa pengembangan atau kombinasi dari pola radial dan *loop*. Titik beban memiliki kombinasi alternatif penyulang, sehingga bila salah satu penyulang terganggu,maka dengan segera dapat digantikan oleh penyulang lain [3]. Tujuan dari penggunaan sistem distribusi spindel yaitu mempertinggi tingkat keandalan dan kontiniutas dalam penyaluran listrik sampai ke beban.



Gambar 2.3 Jaringan Distribusi Spindel [3]

2.2 Analisa Aliran Daya

Studi aliran daya merupakan dasar dari desain dan analisis sistem tenaga. Studi aliran daya sangat penting untuk perencanaan, operasi dan pertukaran daya diantara peralatan. Besarnya sudut, tegangan pada tiap bus, impedansi saluran, daya aktif dan daya reaktif yang mengalir pada saluran distribusi dapat diketahui dengan studi aliran daya [5]. Hasil dari studi aliran daya dapat dimanfaatkan untuk menganalisa kondisi pembangkitan, saluran dan beban dalam kondisi normal dan saat kondisi tidak stabil.

Dalam menyelesaikan terdapat beberapa metode yang dapat digunakan adalah :

1. Metode *gauss-seidel*
2. Metode *newton-raphson*
3. Metode *fast-decouple*

Pada penelitian ini digunakan metode newton-raphson untuk analisis aliran daya. Untuk sistem yang lebih besar, metode newton-raphson lebih efisien dan lebih praktis [5]. Terdapat beberapa cara untuk mengaplikasikan metode newton-raphson dalam penyelesaian aliran daya. Metode newton-raphson ini digunakan persamaan aliran daya

bentuk rectangular, polar atau hybrid. Bentuk persamaan aliran daya pada suatu bus dapat ditulis seperti persamaan berikut [5] :

$$P_i = \sum_{j=1}^{n} |V_i| \, |V_j| |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (1)$$

$$Q_i = \sum_{j=1}^{n} |V_i| \, |V_j| |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (2)$$

Dimana,

P_i = nilai daya aktif pada bus i
Q_i = nilai daya reaktif pada bus i
V_i = tegangan pada bus i
V_i = tegangan pada bus j
Y_{ij} = admitansi antara bus i dan j
$\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j$ = sudut phasa

Total rugi daya feeder dapat diketahui dengan menjumlahkan losses setiap saluran feeder yaitu dengan persamaan [6] :

$$P_{PeakLoss} = \sum_{min=1}^{K} |I_{min}|^2 \times R_{min} \quad (3)$$

$$Q_{PeakLoss} = \sum_{min=1}^{K} |I_{min}|^2 \times X_{min} \quad (4)$$

Dimana,

I_{min} = arus yang mengalir pada saluran
R_{min} = resistansi pada saluran
X_{min} = reaktansi pada saluran

2.3 Rekonfigurasi Jaringan Distribusi

Rekonfigurasi jaringan adalah melakukan strukturisasi ulang saluran yang terhubung ke berbagai bus di sistem tenaga [6]. Restrukturisi saluran akan membuat konfigurasi alternatif sistem. Hal ini dapat dilakukan dengan menambahkan interkoneksi saluran di jaringan. Rekonfigurasi jaringan di sistem distribusi dapat dilakukan dengan cara membuka *tie switch* yang *normally closed* dan menutup *tie switch* yang *normally open*. Switching dilakukan sedemikian rupa sehingga radialitas jaringan tetap dipertahankan dan semua beban disupplai daya. *Normally open tie switch* di *closed* untuk mensupplai daya beban dari satu feeder ke feeder lainnya, sedangkan *tie switch* di *open* untuk mengembalikan struktur menjadi radial [6].

Pasangan *tie switch* dipilih melalui untuk mengurangi kerugian. Sebuah jaringan distribusi radial dapat diwakili oleh beberapa loop. Tujuan utama dilakukannya rekonfigurasi ulang saluran adalah sebagi berikut :

1. Dapat memulihkan daya ke bagian feeder yang padam.
2. Mengurangi beban berlebih pada feeder dengan menggeser beban secara real time ke feeder berdekatan
3. Mengurangi rugi daya pada saluran.

Rekonfigurasi yang optimal melibatkan pemilihan saluran terbaik untuk dibuka dari masing-masing loop untuk mengurangi kerugian daya pada saluran dan memindahkan beban berlebih pada feeder dengan memindahkan beban ke feeder yang berdekatan [6].

2.4 Binary Particle Swarm Optimization (BPSO)

Algoritma PSO didasari oleh konsep dari populasi yang dapat belajar dengan sendirinya (*self-learning population*), pertama kali diperkenalkan oleh Eberhart dan Kennedy pada tahun 1995 yang terinsipirasi oleh beberapa fenomena alam yang melibatkan banyak individu-individu tertentu sehingga membentuk sebuah populasi, seperti gerakan gabungan dari sekelompok burung dan kawanan lebah [7]. Kecepatan dan posisi dari setiap pergerakan individu burung dipengaruhi oleh kecepatan dan posisi paling optimal dari setiap individu burung dalam populasi tersebut, yang akan disalurkan ke individu burung lainnya sehingga kecepatan dan pergerakan dari setiap burung dalam populasi tersebut dapat diperbarui menuju kecepatan dan posisi pergerakan terbaik [8]. Fenomena inilah yang mendasari konsep dari algoritma PSO. PSO akan beriterasi untuk memperbarui nilai posisi dan kecepatan dari partikel hingga kondisi akhir terpenuhi [9] yang dipenuhi oleh persamaan:

$$V_{ir+1} = wV_{ir} + C_1.rand \times \left(P_{best_{ir}} - X_{ir}\right) + C_2.rand \times \left(G_{best_{ir}} - X_{ir}\right) \quad (1)$$

$$X_{ir+1} = X_{ir} + V_{ir+1} \quad (2)$$

dimana:

w = *inertia weight*
X_{ir} = posisi partikel saat ini
V_{ir} = kecepatan partikel saat ini
X_{ir+1} = posisi partikel pada iterasi selanjutnya
V_{ir+1} = kecepatan partikel pada iterasi selanjutnya
C_1 = konstanta *cognitive*
C_2 = konstanta *social acceleration*
$rand$ = nilai random antara 0 dan 1
$P_{best_{ir}}$ = posisi terbaik dari partikel
$G_{best_{ir}}$ = posisi terbaik dari populasi

Inertia weight merupakan variable yang menentukan pengaruh kecepatan partikel sebelumnya ke kecepatan saat ini. *Inertia weight* memiliki nilai yang bervariasi setiap iterasinya. Persamaan inertia weight yang digunakan adalah seperti berikut [9].

$$w = w_{max} - \frac{w_{max} - w_{min}}{it_{max}} x\ it \quad (3)$$

Dimana,

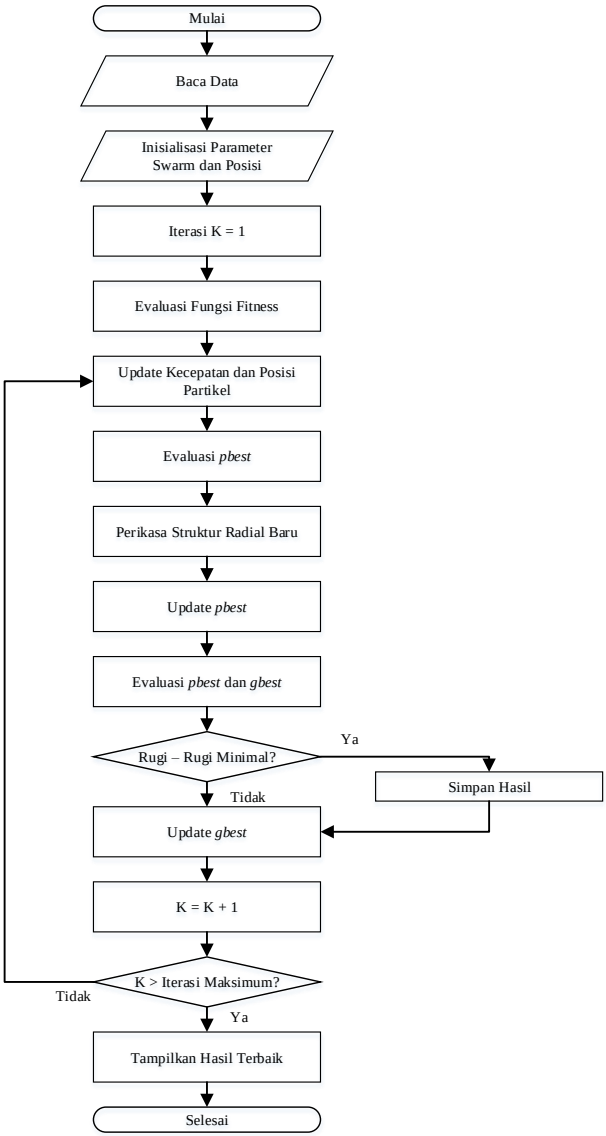
w_{max} = nilai *inertia weight* maksimum
w_{min} = nilai *inertia weight* minimum
it_{max} = nilai iterasi maksimum
it = nilai iterasi saat ini

Untuk menyelesaikan permasalahan optimisasi yang bersifat diskrit, maka dikembangkanlah versi biner dari algoritma PSO, yaitu *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO). Konsep dari BPSO adalah bagaimana cara untuk mempersempit domain dari bidang pencarian (*search space*) PSO menjadi domain biner. Hal ini dilakukan dengan cara mempersempit rentang kecepatan partikel menjadi diantara 0 dan 1 serta mempersempit posisi partikel menjadi 0 atau 1 [10][11]. Untuk mempersempit rentang kecepatan dan posisi partikel dalam rentang 0 dan 1 maka digunakan fungsi *sigmoid* dengan persamaan:

$$sig(v_{ir+1}) = \frac{1}{1+\exp(-v_{ir+1})} \quad (4)$$

$$X_{ir+1} = \begin{cases} 1, rand() < sig(v_{ir+1}) \\ 0,\ lainnya \end{cases} \quad (5)$$

Penelitian [12] memperlihatkan diagram alir dari pengaplikasian algoritma BPSO dalam masalah rekonfigurasi jaringan distribusi. Dalam rekonfigurasi jaringan distribusi, posisi partikel yang bernilai 1 merepresentasikan sebuah *switch* yang terbuka (*open*) sedangkan posisi 0 merepresentasikan sebuah *switch* yang tertutup (*closed*). Kecepatan dari setiap partikel dihitung dengan cara menutup dan membuka saluran distribusi secara berurutan dan satu persatu. Jika kecepatan >0.5 maka posisi terbaik dari partikel (*Pbest*) akan diperbarui untuk pengecekan atau berhenti, lalu partikel lain akan diperiksa. Jika kecepatan <0.5 maka posisi terbaik dari populasi (*Gbest*) akan dihitung dan kecepatan untuk seluruh partikel akan dihitung jika dimensi dari seluruh partikel telah diperiksa dan *Pbest* telah diperbarui satu persatu.



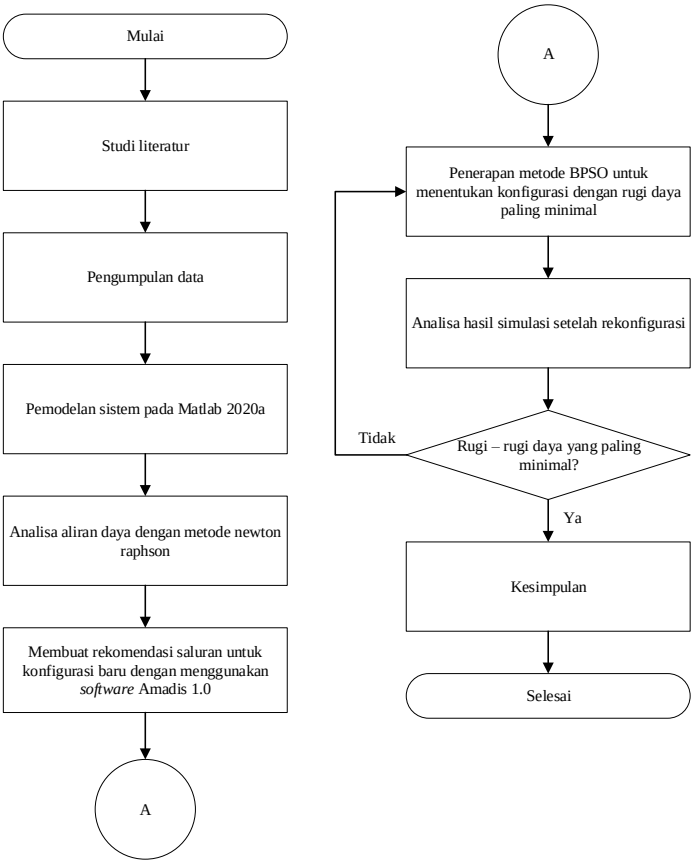
Gambar 2.4 Diagram Alir Penerapan BPSO dalam Rekonfigurasi Jaringan Distribusi [12]

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 3
PEMODELAN SISTEM

3.1 Metodologi Penelitian

Pada bab 3 akan dibahas mengenai langkah – langkah penelitian yang dibuat dalam diagram alir seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Tugas Akhir

Berikut penjelasan dari metodologi yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini :

1. Studi Literatur
   Mencari literatur yang dapat dijadikan referensi dalam pengerjaan tugas akhir.

2. Pengumpulan Data
   Mengumpulkan data-data terkait seperti *Single Line Diagram (SLD*), data GI, saluran dan data pembebanan Trafo. Data tersebut didapat dari PLN UID Lampung.

3. Pemodelan sistem pada Matlab 2020a
   Membuat pemodelan sistem berdasarkan data yang didapat dengan menggunakan *software* Matlab 2020a.

4. Analisa Aliran Daya dengan Metode Newton Raphson
   Melakukan simulasi aliran daya sistem eksisting dengan menggunakan metode Newton Raphson pada *software* Matlab 2020a dan divalidasi dengan *software* ETAP 16.00. Jika hasil yang didapatkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan maka akan dilanjutkan dengan proses berikutnya.

5. Rekomendasi Saluran untuk Konfigurasi Baru dengan *Software* Amadis 1.0
   Membuat rekomendasi saluran baru dengan menggunakan *software* Amadis 1.0 yang didapatkan dari PLN UID Lampung.

6. Rekonfigurasi Jaringan dengan Metode BPSO
   Melakukan rekonfigurasi jaringan menggunakan metode BPSO pada *software* Matlab 2020a.

7. Analisa Hasil Simulasi setelah Rekonfigurasi
   Melakukan analisis hasil simulasi aliran daya setelah dilakukan rekonfigurasi. Jika hasil simulasi setelah rekonfigurasi menunjukkan rugi – rugi daya yang paling minimal maka akan dilanjutkan ke proses berikutnya.

8. Kesimpulan
   Setelah analisis dilakukan, akan ditarik kesimpulan terkait penurunan rugi – rugi daya setelah rekonfigurasi dibandingkan dengan kondisi eksisting.

3.2 Sistem Distribusi 20 kV PT. PLN (Persero) GI Tarahan

Salah satu Gardu Induk yang dikelola oleh PLN UID Lampung adalah GI Tarahan. Pada GI Tarahan terdapat enam penyulang yang di supply energi listrik melalui satu gardu induk dengan dua unit. Keenam penyulang ini adalah:

1. Penyulang Gelombang di *supply* oleh GI. Tarahan #1
2. Penyulang Laut di *supply* oleh GI. Tarahan #1
3. Penyulang Samudra di *supply* oleh GI. Tarahan #1
4. Penyulang Buih di *supply* oleh GI. Tarahan #2
5. Penyulang Surut di *supply* oleh GI. Tarahan #2
6. Penyulang Pasang di *supply* oleh GI. Tarahan #2

Berikut adalah gambar peta satelit sistem kelistrikan pada GI Tarahan yang terdiri dari 6 penyulang. Data ini diambil dari *software* AMADIS 1.0 [13] yang disediakan oleh PLN UID Lampung.

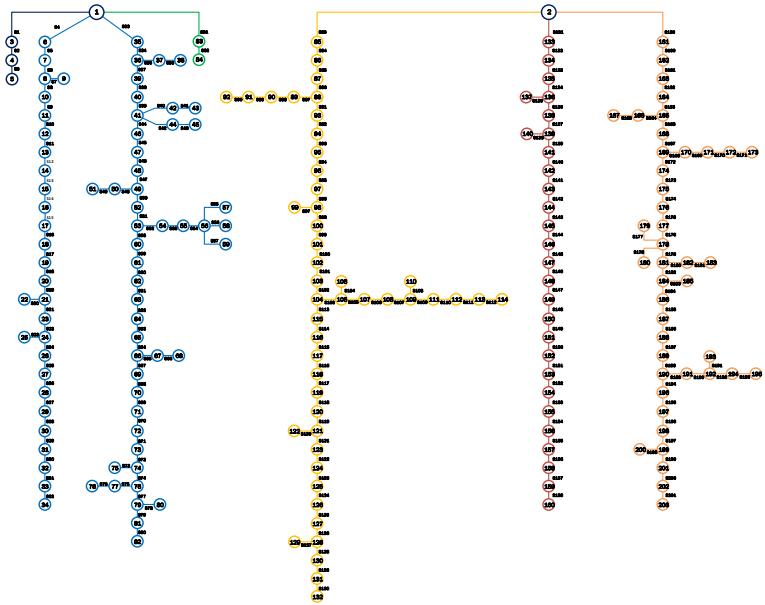
Gambar 3.2 Peta Kelistrikan Penyulang pada GI Tarahan [13]

Berikut tabel terkait warna penyulang pada peta satelit :

Tabel 3.1 Keterangan Warna pada Penyulang di GI Tarahan

No	Warna	Penyulang
1		Samudera
2		Surut
3		Buih
4		Laut
5		Gelombang
6		Pasang

Berikut adalah *Single Line Diagram* (SLD) penyulang pada GI Tarahan yang terdiri dari 6 penyulang dengan konfigurasi radial.



Gambar 3.3 *Single Line Diagram Penyulang* pada GI Tarahan

3.3 Data Simulasi

Pada tugas akhir ini, dibutuhkan data – data untuk dilakukannya simulasi yaitu berupa data Gardu Induk yang di modelkan sebagai *Generator Bus*, data Gardu Distribusi yang dimodelkan sebagai *Load Bus*, dan data saluran pada setiap penyulang. Data – data yang digunakan untuk simulasi didapatkan dari PLN UID Lampung.

3.3.1 Data Generator Bus

Pada tugas akhir ini, generator bus yang digunakan adalah Gardu Induk Tarahan unit 1 dan unit 2. Data yang diperlukan untuk proses simulasi adalah tegangan sekunder dari trafo GI Tarahan dan nilai MVA base. Nilai MVA base dan tegangan sekunder digunakan untuk menentukan nilai impedansi jaringan yang harus dikonversikan dalam satuan p.u. Berikut adalah data Gardu Induk Tarahan unit 1 dan unit 2.

Tabel 3.2 Data Generator Bus

Gardu Induk	No. Bus	Tegangan (p.u)	MVA Base	MVAsc	Kapasitas Trafo
Tarahan #1	1	1.0	100	1558.8	30 MVA
Tarahan #2	2	1.0	100	1558.8	30 MVA

3.3.2 Data Kabel atau Saluran

Pada tugas akhir ini, sistem distribusi PT. PLN (Persero) pada GI Tarahan menggunakan jenis kabel A3C dengan beberapa jenis ukuran yang berbeda. Berikut nilai impedansi dari jenis kabel yang digunakan.

Tabel 3.3 Data Kabel yang Digunakan

No	Nama Kabel	Ukuran Kabel (mm^2)	Impedansi	
			R (Ohm/km)	X (Ohm/km)
1	A3C	35	0.958	0.39102
2	A3C	150	0.21	0.37357

Data saluran harus diubah dalam satuan p.u (per unit) terlebih dahulu supaya dapat dilakukannya simulasi pada *software* Matlab 2020a. Berikut persamaan impedansi saluran menjadi satuan p.u.

$$Zsaluran(\Omega) = Z\ kabel\ x\ panjang\ saluran\ (km)$$

$$Zbase = \frac{(KV_{base})^2}{MVA_{base}}$$

$$Zsaluran(p.u) = \frac{Z_{saluran}(\Omega)}{Z_{base}(\Omega)}$$

Nilai KV_{base} jaringan distribusi pada GI Tarahan adalah 20 kV dan nilai MVA_{base} yang digunakan adalah 100 MVA. Maka nilai dari Z_{base} adalah sebagai berikut

$$Zbase = \frac{(20)^2}{100}$$

$$Zbase = 4\ \Omega$$

Dengan nilai Z_{base} sebesar 4 ohm maka dapat ditentukan nilai p.u (per unit) resistansi dan reaktansi setiap cabang saluran yang menghubungkan antar bus. Tiap cabang yang menghubungkan bus tersebut akan menjadi area pencarian metode BPSO dimana saluran akan dimodelkan sebagai *tie switches*.

3.3.3 Data Penyulang

Pada tugas akhir ini, data yang dibutuhkan dari penyulang adalah panjang penyulang, nilai impedansi saluran antar bus, dan nilai beban pada setiap penyulang. Untuk simulasi pada tugas akhir ini, nilai beban yang digunakan adalah dalam kondisi beban puncak.

a) Penyulang Gelombang

Penyulang Gelombang merupakan salah satu penyulang pada GI Tarahan yang mencakup 3 kelurahan di Kota Bandar Lampung yaitu Srengsem, Karang Maritim, dan Panjang Utara. Penyulang Gelombang disupplai oleh GI Tarahan unit 1 dengan jumlah bus beban sebanyak 3. Komposisi dari beban yang ada di Penyulang Gelombang didominasi beban industri.

Penyulang Gelombang memiliki 3 cabang *(branch)* yang terhubung dari GI hingga ujung penyulang. Panjang keseluruhan dari Penyulang Gelombang adalah 6.8 KMS. Berikut merupakan *Single Line Diagram* dari Penyulang Gelombang :

Gambar 3.4 *Single Line Diagram* Penyulang Gelombang

Data beban pada setiap bus dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.4 Data Bus Beban Penyulang Gelombang

No Bus	Nama Beban	Load (kW)	Load (kVAr)
3	GE-SRSM-O.131 PT.TEL-1	160.65	99.56
4	GE-KRMT-O.65 BATURAJA-1	1275	790.17
5	GE-PUTR-O.190 PT. LDC-1	0.85	0.53

Data impedansi saluran pada Penyulang Gelombang ini didapatkan dengan melakukan pengamatan pada peta feeder menggunakan *software* Amadis. Berikut merupakan data impedansi saluran pada Penyulang Gelombang :

Tabel 3.5 Data Impedansi Saluran Penyulang Gelombang

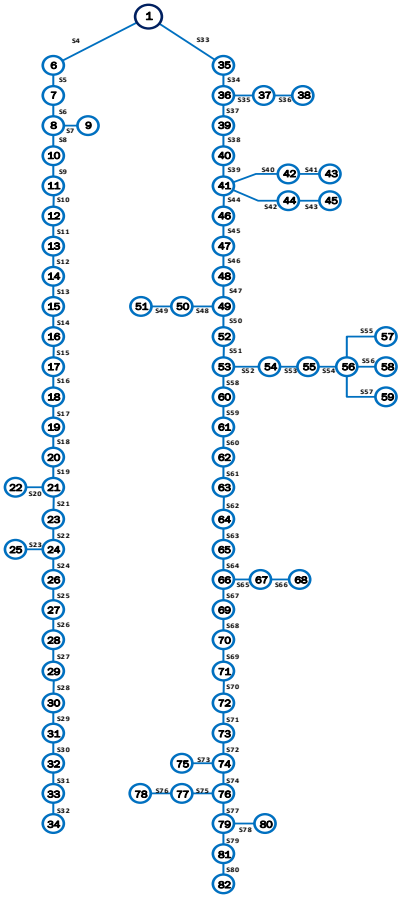
No Cabang	Dari Bus	Ke Bus	Jarak (Km)	R (Ohm)	X (Ohm)	R (p.u)	X (p.u)
1	1	3	1.2	0.252	0.448	0.063	0.112
2	3	4	5.5	1.155	2.055	0.289	0.514
3	4	5	0.1	0.021	0.037	0.005	0.009

b) Penyulang Laut

Penyulang Laut merupakan salah satu penyulang pada GI Tarahan yang mencakup 4 kelurahan di Kota Bandar Lampung yaitu

Panjang Selatan, Way Lunik, Ketapang, dan Panjang Utara. Penyulang Laut disupplai oleh GI Tarahan unit 1 dengan jumlah bus beban sebanyak 77. Komposisi dari beban yang ada di Penyulang Laut bervariasi. Terdapat beban bisnis dan beban rumah tangga, dengan dominasi beban bisnis yang paling tinggi.

Penyulang Laut memiliki 77 cabang (*branch*) yang terhubung dari GI hingga ujung penyulang. Panjang keseluruhan dari Penyulang Laut adalah 34.845 KMS. Berikut merupakan *Single Line Diagram* dari Penyulang Laut :



Gambar 3.5 *Single Line Diagram* Penyulang Laut

Data beban pada setiap bus dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.6 Data Bus Beban Penyulang Laut

No Bus	Nama Beban	Load (kW)	Load (kVAr)
6	LA-PSLT-O102	70.55	43.72
7	LA-WLNK-O55	12.75	7.90
8	LA-WLNK-O78	155.55	96.40
9	LA-WLNK-O101	77.35	47.94
10	LA-WLNK-O163	61.2	37.93
11	LA-WLNK-O113	135.15	83.76
12	LA-WLNK-O200	39.1	24.23
13	LA-WLNK-O173	58.65	36.35
14	LA-WLNK-O33	17.85	11.06
15	LA-WLNK-O203	38.25	23.71
16	LA-WLNK-O155	12.75	7.90
17	LA-WLNK-O21	85	52.68
18	LA-KTPG-O264	42.5	26.34
19	LA-KTPG-O68	31.45	19.49
20	LA-KTPG-O151	106.25	65.85
21	LA-KTPG-O225	42.5	26.34
22	LA-KTPG-O222	57.8	35.82
23	LA-KTPG-O152	12.75	7.90
24	LA-KTPG-O.20	21.25	13.17
25	LA-KTPG-O32	68	42.14
26	LA-KTPG-O82	267.75	165.94
27	LA-KTPG-O250	42.5	26.34
28	LA-KTPG-O184	42.5	26.34
29	LA-KTPG-K200	113.9	70.59
30	LA-KTPG-O248	42.5	26.34
31	LA-KTPG-TR-O231	18.7	11.59

Tabel 3.6 Data Bus Beban Penyulang Laut (Lanjutan)

No Bus	Nama Beban	Load (kW)	Load (kVAr)
32	LA-KTPG-O188	15.3	9.48
33	LA-KTPG-O223	42.5	26.34
34	LA-KTPG-O189	42.5	26.34
35	LA-PSLT-O160 & O22	163.2	101.15
36	LA-PSLT-O224	78.2	48.46
37	LA-PSLT-O187	28.05	17.38
38	LA-PSLT-O103	85.85	53.21
39	LA-PSLT-O180	23.8	14.75
40	LA-PSLT-O4	141.1	87.45
41	LA-PSLT-O11	140.25	86.92
42	LA-PSLT-O214	52.7	32.66
43	LA-PSLT-O148	158.1	97.98
44	LA-PSLT-O107	85.85	53.21
45	LA-PSLT-O158	172.55	106.94
46	LA-PSLT-O181	22.95	14.22
47	LA-PSLT-O235	13.6	8.43
48	LA-PSLT-O246	42.5	26.34
49	LA-PSLT-O30	86.7	53.73
50	LA-PSLT-O229	96.05	59.53
51	LA-PSLT-O02	89.25	55.31
52	LA-PSLT-O191	81.6	50.57
53	LA-PSLT-O165	42.5	26.34
54	LA-PSLT-O46	17	10.54
55	LA-PSLT-O169	68	42.14
56	LA-PSLT-O164	85	52.68
57	LA-PSLT-O175	21.25	13.17
58	LA-PSLT-O170	267.75	165.94
59	LA-PSLT-O146	42.5	26.34

Tabel 3.6 Data Bus Beban Penyulang Laut (Lanjutan)

No Bus	Nama Beban	Load (kW)	Load (kVAr)
60	LA-PSLT-O9	85	52.68
61	LA-PSLT-O210	42.5	26.34
62	LA-PSLT-O227	88.4	54.79
63	LA-PSLT-O01	45.05	27.92
64	LA-PUTR-O177	68	42.14
65	LA-PUTR-O18	68	42.14
66	LA-PUTR-O172	42.5	26.34
67	LA-PUTR-O228	76.5	47.41
68	LA-PUTR-O97	42.5	26.34
69	LA-PUTR-O192	21.25	13.17
70	LA-PUTR-O93	42.5	26.34
71	LA-PUTR-O226	26.35	16.33
72	LA-PUTR-O16	104.55	64.79
73	LA-PUTR-O54	71.4	44.25
74	LA-PUTR-O168B	25.5	15.80
75	LA-PUTR-O10	120.7	74.80
76	LA-PUTR-O208	85	52.68
77	LA-PUTR-O108	20.4	12.64
78	LA-PUTR-O230	71.4	44.25
79	LA-PUTR-O207	425	263.39
80	LA-PUTR-O58	12.75	7.90
81	LA-PUTR-O109	340	210.71
82	LA-PUTR-O194	45.05	27.92

Data impedansi saluran pada Penyulang Laut ini didapatkan dengan melakukan pengamatan pada peta feeder menggunakan *software* Amadis. Berikut adalah data impedansi saluran pada Penyulang Laut :

Tabel 3.7 Data Impedansi Saluran Penyulang Laut

No Cabang	Dari Bus	Ke Bus	Jarak (Km)	R (Ohm)	X (Ohm)	R (p.u)	X (p.u)
4	1	6	5	1.05	1.868	0.263	0.467
5	6	7	0.8	0.168	0.299	0.042	0.075
6	7	8	1	0.21	0.374	0.053	0.093
7	8	9	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
8	8	10	0.6	0.126	0.224	0.032	0.056
9	10	11	0.6	0.126	0.224	0.032	0.056
10	11	12	0.6	0.126	0.224	0.032	0.056
11	12	13	0.6	0.126	0.224	0.032	0.056
12	13	14	0.6	0.126	0.224	0.032	0.056
13	14	15	0.6	0.126	0.224	0.032	0.056
14	15	16	0.6	0.126	0.224	0.032	0.056
15	16	17	0.6	0.126	0.224	0.032	0.056
16	17	18	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
17	18	19	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
18	19	20	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
19	20	21	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
20	21	22	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
21	21	23	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
22	23	24	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
23	24	25	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
24	24	26	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
25	26	27	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
26	27	28	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
27	28	29	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
28	29	30	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
29	30	31	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
30	31	32	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
31	32	33	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028

Tabel 3.7 Data Impedansi Saluran Penyulang Laut (Lanjutan)

No Cabang	Dari Bus	Ke Bus	Jarak (Km)	R (Ohm)	X (Ohm)	R (p.u)	X (p.u)
32	33	34	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
33	1	35	4	0.84	1.494	0.210	0.374
34	35	36	0.1	0.021	0.037	0.005	0.009
35	36	37	0.1	0.021	0.037	0.005	0.009
36	37	38	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
37	36	39	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
38	39	40	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
39	40	41	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
40	41	42	0.8	0.766	0.313	0.192	0.078
41	42	43	0.6	0.126	0.224	0.032	0.056
42	41	44	0.5	0.105	0.187	0.026	0.047
43	44	45	0.1	0.096	0.039	0.024	0.010
44	41	46	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
45	46	47	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
46	47	48	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
47	48	49	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
48	49	50	0.3	0.287	0.117	0.072	0.029
49	50	51	0.2	0.192	0.078	0.048	0.020
50	49	52	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
51	52	53	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
52	53	54	0.5	0.48	0.196	0.120	0.049
53	54	55	0.1	0.096	0.039	0.024	0.010
54	55	56	0.045	0.043	0.018	0.011	0.004
55	56	57	0.1	0.096	0.039	0.024	0.010
56	56	58	0.1	0.096	0.039	0.024	0.010
57	56	59	0.1	0.096	0.039	0.024	0.010
58	53	60	0.5	0.105	0.187	0.026	0.047
59	60	61	0.4	0.084	0.149	0.021	0.037

Tabel 3.7 Data Impedansi Saluran Penyulang Laut (Lanjutan)

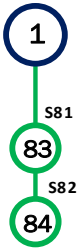
No Cabang	Dari Bus	Ke Bus	Jarak (Km)	R (Ohm)	X (Ohm)	R (p.u)	X (p.u)
60	61	62	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
61	62	63	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
62	63	64	0.4	0.084	0.149	0.021	0.037
63	64	65	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
64	65	66	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
65	66	67	0.4	0.383	0.156	0.096	0.039
66	67	68	0.2	0.192	0.078	0.048	0.020
67	66	69	0.5	0.105	0.187	0.026	0.047
68	69	70	0.5	0.105	0.187	0.026	0.047
69	70	71	0.5	0.105	0.187	0.026	0.047
70	71	72	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
71	72	73	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
72	73	74	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
73	74	75	0.6	0.126	0.224	0.032	0.056
74	74	76	0.4	0.084	0.149	0.021	0.037
75	76	77	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
76	77	78	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
77	76	79	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
78	79	80	0.6	0.126	0.224	0.032	0.056
79	79	81	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
80	81	82	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028

c) Penyulang Samudera

Penyulang Samudera merupakan salah satu penyulang pada GI Tarahan yang mencakup 1 kelurahan di Kota Bandar Lampung yaitu Srengsem. Penyulang Samudera disupplai oleh GI Tarahan unit 1 dengan jumlah bus beban sebanyak 2. Komposisi dari beban yang ada di Penyulang Samudera didominasi beban industri.

Penyulang Samudera memiliki 2 cabang (*branch*) yang terhubung dari GI hingga ujung penyulang. Panjang keseluruhan dari

Penyulang Samudera adalah 1.7 KMS. Berikut merupakan *Single Line Diagram* dari Penyulang Samudera :



Gambar 3.6 Single Line Diagram Penyulang Samudera

Data beban pada setiap bus dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.8 Data Bus Beban Penyulang Samudera

No Bus	Bus Load	Load (kW)	Load (kVAr)
83	SM-SRSM-O.234	4.25	2.63
84	SM-SRSM-O.126 PT HANJUNG	1020	632.14

Data impedansi saluran pada Penyulang Samudera ini didapatkan dengan melakukan pengamatan pada peta feeder menggunakan *software* Amadis. Berikut merupakan data impedansi saluran pada Penyulang Samudera :

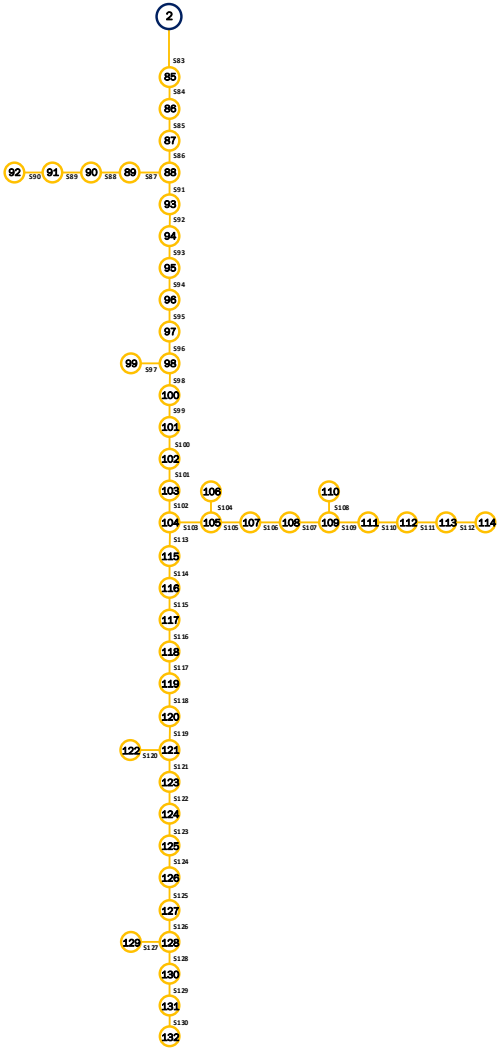
Tabel 3.9 Data Impedansi Saluran Penyulang Samudera

No Cabang	Dari Bus	Ke Bus	Jarak (Km)	R (Ohm)	X (Ohm)	R (p.u)	X (p.u)
81	1	83	1.1	0.231	0.411	0.058	0.103
82	83	84	0.6	0.126	0.224	0.032	0.056

d) Penyulang Buih

Penyulang Buih merupakan salah satu penyulang pada GI Tarahan yang mencakup 5 kelurahan di Kota Bandar Lampung yaitu Srengsem, Karang Maritim, Way Lunik, Ketapang Kuala, dan Panjang Utara. Penyulang Buih disupplai oleh GI Tarahan unit 2 dengan jumlah bus beban sebanyak 48. Komposisi dari beban yang ada di Penyulang Buih bervariasi. Terdapat beban bisnis, beban perkantoran, dan beban rumah tangga, dengan dominasi beban rumah tangga yang paling tinggi.

Penyulang Buih memiliki 48 cabang (*branch*) yang terhubung dari GI hingga ujung penyulang. Panjang keseluruhan dari Penyulang Buih adalah 15.9 KMS. Berikut merupakan *Single Line Diagram* dari Penyulang Buih :



Gambar 3.7 *Single Line Diagram* Penyulang Buih

Data beban pada setiap bus dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.10 Data Bus Beban Penyulang Buih

No Bus	Nama Beban	Load (kW)	Load (kVAr)
85	BU-SRSM-O.39	37.4	23.18
86	BU-SRSM-O.212	9.35	5.79
87	BU-SRSM-O.232	1.7	1.05
88	BU-SRSM-O.150	113.9	70.59
89	BU-SRSM-O.239	10.2	6.32
90	BU-SRSM-O.74	96.9	60.05
91	BU-SRSM-O.123	14.45	8.96
92	BU-SRSM-O.249	25.5	15.80
93	BU-SRSM-O.193	74.8	46.36
94	BU-SRSM-O. 52	101.15	62.69
95	BU-SRSM-O. 245	6.8	4.21
96	BU-KRMT-O.114	102.85	63.74
97	BU-KRMT-O.195	123.25	76.38
98	BU-KRMT-O.213	39.1	24.23
99	BU-KRMT-O. 157	68	42.14
100	BU-KRMT-O. 51 CV BW	6.8	4.21
101	BU-KRMT-B. 292	14.45	8.96
102	BU-PUTR-O. 5	6.8	4.21
103	BU-PUTR-O. 13	2.55	1.58
104	BU-PUTR-B. 30	14.45	8.96
105	BU-PUTR-O. 115	51.85	32.13
106	BU-KTKL-O. 233	20.4	12.64
107	BU-KTKL-O. 96 PT MAJARAYA	6.8	4.21
108	BU-KTKL-O. 17	20.4	12.64
109	BU-KTKL-O. 75	6.8	4.21

Tabel 3.10 Data Bus Beban Penyulang Buih (Lanjutan)

No Bus	Nama Beban	Load (kW)	Load (kVAr)
110	BU-KTKL-O. 14 PT DHARMALA	2.55	1.58
111	BU-KTKL-O. 171	20.4	12.64
112	BU-KTKL-O. 41	6.8	4.21
113	BU-KTKL-O. 237	20.4	12.64
114	BU-KTKL-O. 199 RUSUNAWA	20.4	12.64
115	BU-PUTR-B. 222	14.45	8.96
116	BU-WLNK-B. 85	51.85	32.13
117	BU-WLNK--O. 197	20.4	12.64
118	BU-WLNK-B. 24	14.45	8.96
119	BU-WLNK-B. 81	51.85	32.13
120	BU-WLNK-B. 60-1 & 88	103.7	64.26
121	BU-WLNK-B. 420	198.05	122.74
122	BU-WLNK-B. 35	14.45	8.96
123	BU-WLNK-B. 61-1	51.85	32.13
124	BU-WLNK-B. 256-1	14.45	8.96
125	BU-KTKL-B. 26-1	14.45	8.96
126	BU-KTKL-B. 416-1	14.45	8.96
127	BU-KTKL-B. 130-1	14.45	8.96
128	BU-KTKL-B. 11-1	14.45	8.96
129	BU-KTKL-B. 157-1	14.45	8.96
130	BU-KTKL-B. 59-1	51.85	32.13
131	BU-KTKL-B. 324-1	14.45	8.96
132	BU-KTKL-B. 197 HOTEL	14.45	8.96

Data impedansi saluran pada Penyulang Buih ini didapatkan dengan melakukan pengamatan pada peta feeder menggunakan *software* Amadis. Berikut adalah data impedansi saluran pada Penyulang Buih :

Tabel 3.11 Data Impedansi Saluran Penyulang Buih

No Cabang	Dari Bus	Ke Bus	Jarak (Km)	R (Ohm)	X (Ohm)	R (p.u)	X (p.u)
83	2	85	1.9	0.399	0.710	0.100	0.177
84	85	86	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
85	86	87	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
86	87	88	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
87	88	89	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
88	89	90	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
89	90	91	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
90	91	92	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
91	88	93	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
92	93	94	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
93	94	95	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
94	95	96	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
95	96	97	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
96	97	98	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
97	98	99	1.5	0.315	0.560	0.079	0.140
98	98	100	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
99	100	101	2.1	0.441	0.784	0.110	0.196
100	101	102	0.5	0.105	0.187	0.026	0.047
101	102	103	0.5	0.105	0.187	0.026	0.047
102	103	104	0.5	0.105	0.187	0.026	0.047
103	104	105	0.4	0.084	0.149	0.021	0.037
104	105	106	0.1	0.021	0.037	0.005	0.009
105	105	107	1	0.21	0.374	0.053	0.093
106	107	108	0.1	0.021	0.037	0.005	0.009
107	108	109	0.1	0.021	0.037	0.005	0.009
108	109	110	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
109	109	111	0.1	0.021	0.037	0.005	0.009
110	111	112	0.1	0.021	0.037	0.005	0.009

Tabel 3.11 Data Impedansi Saluran Penyulang Buih (Lanjutan)

No Cabang	Dari Bus	Ke Bus	Jarak (Km)	R (Ohm)	X (Ohm)	R (p.u)	X (p.u)
111	112	113	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
112	113	114	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
113	104	115	0.1	0.021	0.037	0.005	0.009
114	115	116	0.1	0.021	0.037	0.005	0.009
115	116	117	0.1	0.021	0.037	0.005	0.009
116	117	118	0.1	0.021	0.037	0.005	0.009
117	118	119	0.1	0.021	0.037	0.005	0.009
118	119	120	0.1	0.021	0.037	0.005	0.009
119	120	121	0.1	0.021	0.037	0.005	0.009
120	121	122	0.1	0.021	0.037	0.005	0.009
121	121	123	1	0.21	0.374	0.053	0.093
122	123	124	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
123	124	125	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
124	125	126	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
125	126	127	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
126	127	128	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
127	128	129	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
128	128	130	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
129	130	131	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
130	131	132	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019

e) Penyulang Surut

Penyulang Surut merupakan salah satu penyulang pada GI Tarahan yang mencakup 5 kelurahan di Kota Bandar Lampung yaitu Srengsem, Karang Maritim, Way Gubak, Pidada, dan Panjang Utara. Penyulang Surut disupplai oleh GI Tarahan unit 2 dengan jumlah bus beban sebanyak 28. Komposisi dari beban yang ada di Penyulang Surut bervariasi. Terdapat beban bisnis, dan beban rumah tangga, dengan dominasi beban rumah tangga yang paling tinggi.

Penyulang Surut memiliki 28 cabang (*branch*) yang terhubung dari GI hingga ujung penyulang. Panjang keseluruhan dari Penyulang Surut adalah 13.4 KMS. Berikut merupakan *Single Line Diagram* dari Penyulang Surut :

Gambar 3.8 Single Line Diagram Penyulang Surut

Data beban pada setiap bus dapat dilihat pada tabel dibawah berikut :

Tabel 3.12 Data Bus Beban Penyulang Surut

No Bus	Nama Beban	Load (kW)	Load (kVAr)
133	SU-KRMT-O219	14.45	8.96
134	SU-KRMT-O145	32.3	20.02
135	SU-KRMT-O144	119	73.75
136	SU-KRMT-O105	130.9	81.12
137	SU-SRSM-O238	32.3	20.02
138	SU-KTKL-O241	21.25	13.17
139	SU-KTKL-O242	21.25	13.17
140	SU-KTKL-O174	63.75	39.51
141	SU-KTKL-O186	74.8	46.36
142	SU-PUTR-O143	136	84.29
143	SU-PUTR-O201	21.25	13.17
144	SU-PUTR-O202	21.25	13.17
145	SU-PUTR-O166	42.5	26.34
146	SU-PIDA-O179	68	42.14
147	SU-PIDA-O53	85	52.68
148	SU-PIDA-O183	42.5	26.34
149	SU-PIDA-O243	21.25	13.17
150	SU-PIDA-O56	21.25	13.17
151	SU-PIDA-O251	21.25	13.17
152	SU-PIDA-O285	21.25	13.17
153	SU-WGBK-O236	6.8	4.21
154	SU-WGBK-O178	85	52.68
155	SU-WGBK-O26	96.05	59.53
156	SU-WGBK-O95	42.5	26.34
157	SU-WGBK-O159	85	52.68
158	SU-WGBK-O240	68	42.14
159	SU-WGBK-O168	42.5	26.34

Tabel 3.12 Data Bus Beban Penyulang Surut (Lanjutan)

No Bus	Nama Beban	Load (kW)	Load (kVAr)
160	SU-WGBK-O247	36.55	22.65

Data impedansi saluran pada Penyulang Surut ini didapatkan dengan melakukan pengamatan pada peta feeder menggunakan *software* Amadis. Berikut adalah data impedansi saluran pada Penyulang Surut :

Tabel 3.13 Data Impedansi Saluran Penyulang Surut

No Cabang	Dari Bus	Ke Bus	Jarak (Km)	R (Ohm)	X (Ohm)	R (p.u)	X (p.u)
131	2	133	0.5	0.105	0.187	0.026	0.047
132	133	134	2.1	0.441	0.784	0.110	0.196
133	134	135	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
134	135	136	1.2	0.252	0.448	0.063	0.112
135	136	137	0.1	0.021	0.037	0.005	0.009
136	136	138	0.5	0.105	0.187	0.026	0.047
137	138	139	0.5	0.105	0.187	0.026	0.047
138	139	140	0.1	0.021	0.037	0.005	0.009
139	139	141	0.5	0.105	0.187	0.026	0.047
140	141	142	0.5	0.105	0.187	0.026	0.047
141	142	143	0.5	0.105	0.187	0.026	0.047
142	143	144	0.5	0.105	0.187	0.026	0.047
143	144	145	0.5	0.105	0.187	0.026	0.047
144	145	146	0.5	0.105	0.187	0.026	0.047
145	146	147	0.5	0.105	0.187	0.026	0.047
146	147	148	0.5	0.105	0.187	0.026	0.047
147	148	149	0.5	0.105	0.187	0.026	0.047
148	149	150	0.5	0.105	0.187	0.026	0.047
149	150	151	0.5	0.105	0.187	0.026	0.047
150	151	152	0.5	0.105	0.187	0.026	0.047
151	152	153	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019

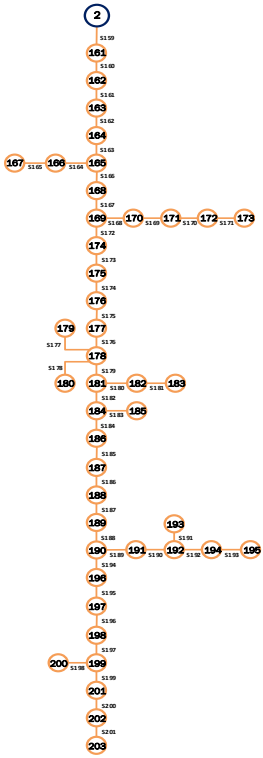
Tabel 3.13 Data Impedansi Saluran Penyulang Surut (Lanjutan)

No Cabang	Dari Bus	Ke Bus	Jarak (Km)	R (Ohm)	X (Ohm)	R (p.u)	X (p.u)
152	153	154	0.1	0.021	0.037	0.005	0.009
153	154	155	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
154	155	156	0.1	0.021	0.037	0.005	0.009
155	156	157	0.1	0.021	0.037	0.005	0.009
156	157	158	0.7	0.147	0.261	0.037	0.065
157	158	159	0.4	0.084	0.149	0.021	0.037
158	159	160	0.4	0.084	0.149	0.021	0.037

f) Penyulang Pasang

Penyulang Pasang merupakan salah satu penyulang pada GI Tarahan yang mencakup 4 kelurahan di Kota Bandar Lampung yaitu Kota Baru, Bumi Kedamaian, Tanjung Gading, dan Tanjung Raya. Penyulang Pasang disupplai oleh GI Tarahan unit 2 dengan jumlah bus beban sebanyak 43. Komposisi dari beban yang ada di Penyulang Pasang bervariasi. Terdapat beban bisnis, dan beban rumah tangga, dengan dominasi beban rumah tangga yang paling tinggi.

Penyulang Pasang memiliki 43 cabang (*branch*) yang terhubung dari GI hingga ujung penyulang. Panjang keseluruhan dari Penyulang Pasang adalah 24.017 KMS. Berikut merupakan *Single Line Diagram* dari Penyulang Pasang :



Gambar 3.9 Single Line Diagram Penyulang Pasang

Data beban pada setiap bus dapat dilihat pada tabel dibawah berikut :

Tabel 3.14 Data Bus Beban Penyulang Pasang

No Bus	Nama Beban	Load (kW)	Load (kVAr)
161	PAS-BUMKED K727-1	44.2	27.39
162	PAS-BUMKED K174-1	12.75	7.90
163	PAS-BUMKED K715-1	46.75	28.97
164	PAS-BUMKED K525-1	74.8	46.36
165	PAS-BUMKED K726-1	32.3	20.02

Tabel 3.14 Data Bus Beban Penyulang Pasang (Lanjutan)

No Bus	Nama Beban	Load (kW)	Load (kVAr)
166	PAS-BUMKED K484-1	98.6	61.11
167	PAS-BUMKED K982-1	98.6	61.11
168	PAS-BUMKED K699-1	79.05	48.99
169	PAS-BUMKED K370-1	49.3	30.55
170	PAS-BUMKED K320-1	137.7	85.34
171	PAS-BUMKED K988-1	42.5	26.34
172	PAS-BUMKED K212-1	133.45	82.70
173	PAS-BUMKED K872-1	44.2	27.39
174	PAS-BUMKED K953-1	63.75	39.51
175	PAS-BUMKED K213-1	210.8	130.64
176	PAS-BUMKED K812-1	22.95	14.22
177	PAS-BUMKED K959-1	10.2	6.32
178	PAS-BUMKED K563-1	80.75	50.04
179	PAS-BUMKED K817-1	39.95	24.76
180	PAS-BUMKED K230-1	80.75	50.04
181	PAS-TANGAD K687-1	39.1	24.23
182	PAS-TANGAD K843-1	26.35	16.33
183	PAS-TANGAD K643-1	51	31.61
184	PAS-TANRAY K670-1	25.5	15.80
185	PAS-TANRAY K671-1	5.1	3.16
186	PAS-TANRAY K499-1	90.1	55.84
187	PAS-TANRAY K847-1	84.15	52.15
188	PAS-TANRAY K862-1	35.7	22.12
189	PAS-TANRAY K318-1	136	84.29
190	PAS-TANRAY K102-1	136.85	84.81
191	PAS-TANRAY K228-1	154.7	95.87
192	PAS-TANRAY K052	91.8	56.89
193	PAS-TANRAY K322-1	53.55	33.19

Tabel 3.14 Data Bus Beban Penyulang Pasang (Lanjutan)

No Bus	Nama Beban	Load (kW)	Load (kVAr)
194	PAS-TANRAY K552-1	130.9	81.12
195	PAS-TANRAY K346-1	78.2	48.46
196	PAS-TANRAY K794-1	30.6	18.96
197	PAS-KOTBAR K389-1	82.45	51.10
198	PAS-KOTBAR K89-1	136.85	84.81
199	PAS-KOTBAR K917-1	72.25	44.78
200	PAS-KOTBAR K534-1	95.2	59.00
201	PAS-KOTBAR K331-1	94.35	58.47
202	PAS-KOTBAR K1006-1	17	10.54
203	PAS-KOTBAR K736-1	55.25	34.24

Data impedansi saluran pada Penyulang Pasang ini didapatkan dengan melakukan pengamatan pada peta feeder menggunakan *software* Amadis. Berikut adalah data impedansi saluran pada Penyulang Pasang :

Tabel 3.15 Data Impedansi Saluran Penyulang Pasang.

No Cabang	Dari Bus	Ke Bus	Jarak (Km)	R (Ohm)	X (Ohm)	R (p.u)	X (p.u)
159	2	161	13	2.73	4.856	0.683	1.214
160	161	162	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
161	162	163	0.4	0.084	0.149	0.021	0.037
162	163	164	0.1	0.021	0.037	0.005	0.009
163	164	165	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
164	165	166	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
165	166	167	0.1	0.021	0.037	0.005	0.009
166	165	168	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
167	168	169	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
168	169	170	0.1	0.021	0.037	0.005	0.009
169	170	171	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
170	171	172	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019

Tabel 3.15 Data Impedansi Saluran Penyulang Pasang (Lanjutan)

No Cabang	Dari Bus	Ke Bus	Jarak (Km)	R (Ohm)	X (Ohm)	R (p.u)	X (p.u)
171	172	173	0.04	0.008	0.013	0.002	0.003
172	169	174	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
173	174	175	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
174	175	176	0.4	0.084	0.149	0.021	0.037
175	176	177	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
176	177	178	0.4	0.084	0.149	0.021	0.037
177	178	179	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
178	178	180	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
179	178	181	0.7	0.147	0.261	0.037	0.065
180	182	181	0.4	0.084	0.149	0.021	0.037
181	183	182	0.5	0.105	0.187	0.026	0.047
182	181	184	0.1	0.021	0.037	0.005	0.009
183	184	185	0.1	0.021	0.037	0.005	0.009
184	184	186	0.04	0.0084	0.015	0.002	0.004
185	186	187	0.1	0.021	0.037	0.005	0.009
186	187	188	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
187	188	189	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
188	189	190	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
189	190	191	0.6	0.126	0.224	0.032	0.056
190	191	192	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
191	192	193	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028
192	192	194	0.4	0.084	0.149	0.021	0.037
193	194	195	0.04	0.0086	0.015	0.002	0.004
194	190	196	0.1	0.021	0.037	0.005	0.009
195	196	197	0.5	0.105	0.187	0.026	0.047
196	197	198	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
197	198	199	0.3	0.063	0.112	0.016	0.028

Tabel 3.15 Data Impedansi Saluran Penyulang Pasang (Lanjutan)

No Cabang	Dari Bus	Ke Bus	Jarak (Km)	R (Ohm)	X (Ohm)	R (p.u)	X (p.u)
198	199	200	0.6	0.126	0.224	0.032	0.056
199	199	201	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019
200	201	202	0.1	0.021	0.037	0.005	0.009
201	202	203	0.2	0.042	0.075	0.011	0.019

3.3.4 Data Rekonfigurasi

Untuk melakukan rekonfigurasi jaringan distribusi, maka perlu dilakukan beberapa hal terlebih dahulu, yaitu menentukan saluran baru untuk mengubah konfigurasi sistem, menentukan ruang pencarian pada setiap loop.

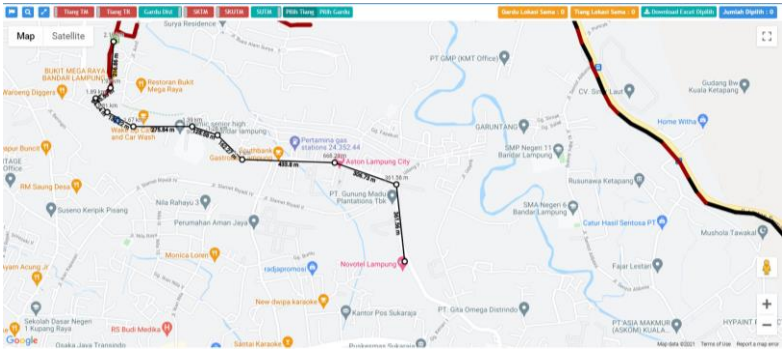
1. Menentukan Rencana Saluran Baru

Proses rekonfigurasi dilakukan dengan menambahkan tujuh saluran baru pada jaringan yang sudah ada, yakni dengan menghubungkan bus 5 dan bus 79, bus 17 dan bus 72, bus 23 dan bus 158, bus 31 dan bus 162, bus 83 dan bus 141, bus 114 dan bus 155, serta bus 117 dan 195. Hal – hal yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan saluran baru adalah saluran harus mempunyai jalur yang menghubungkan bus-bus yang berdekatan dengan jalur yang tidak berada di atas perumahan, serta menggunakan jenis kabel yang sama [12]. Data rencana saluran baru ditunjukkan pada Tabel 3.16

Tabel 3.16 Data Rencana Saluran Baru

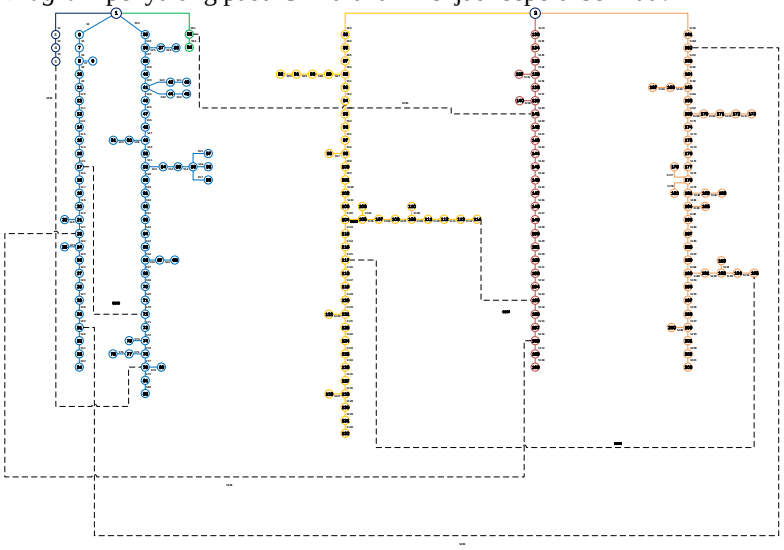
No Cabang	Dari Bus	Ke Bus	Jarak (Km)	R (p.u)	X (p.u)
202	5	79	0.29	0.01523	0.02708
203	17	72	0.524	0.02750	0.04893
204	23	158	0.42	0.02205	0.03923
205	31	162	0.855	0.04489	0.07985
206	83	141	0.343	0.01801	0.03203
207	114	155	0.51	0.02678	0.04763
208	117	195	2.2	0.1155	0.20546

Data saluran ini didapatkan dengan melakukan pengamatan pada peta feeder menggunakan *software* Amadis. Hal ini bertujuan agar simulasi menjadi lebih valid dan akurat.



Gambar 3.10 *Software* Amadis [13]

Setelah ditambahkan rencana saluran baru maka *Single Line Diagram* penyulang pada GI Tarahan menjadi seperti berikut :



Gambar 3.11 Single Line Diagram Penyulang pada GI Tarahan Setelah Penambahan Rencana Saluran Baru

2. Menentukan Ruang Pencarian pada Setiap Loop.

Berdasarkan penambahan rencana saluran baru, maka jaringan distribusi pada tugas akhir ini terdapat tujuh loop pencarian. Dari loop yang di tampilkan pada Gambar 3.11 dapat diidentifikasikan area pencarian.

Semua kemungkinan *tie switch* yang dibuka dan ditutup terbagi menjadi 7 kelompok. Kombinasi *tie switch* dikelompokkan seperti pada tabel dibawah.

Tabel 3.17 Loop dari Sistem pada Penyulang di GI Tarahan

Loop	*Tie Switches*
1	S1, S2, S3, S71, S72, S74, S77, S202
2	S4, S5, S6, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S33, S34, S37, S38, S39, S44, S45, S46, S47, S50, S51, S58, S59, S60, S61, S62, S63, S64, S67, S68, S69, S70, S203
3	S16, S17, S18, S19, S21, S154, S155, S156, S204
4	S22, S24, S25, S26, S27, S28, S29, S159, S160, S205
5	S81, S131, S132, S133, S134, S136, S137, S139, S206
6	S103, S105, S106, S107, S109, S110, S111, S112, S140, S141, S142, S143, S144, S145, S146, S147, S148, S149, S150, S151, S152, S153, S207
7	S113, S114, S115, S161, S162, S163, S166, S167, S172, S173, S174, S175, S176, S179, S182, S184, S185, S186, S187, S188, S189, S190, S192, S193, S208

Dari masing – masing loop dipilih salah satu *tie switch* yang *open*. Sehingga ada tujuh buah *tie switch* dalam keadan *open*. Saluran yang tidak termasuk dalam loop manapun tidak akan ditampilkan dalam ruang pencarian dan dalam sistem pengujian optimasi algoritma. Sebelum dilakukannya rekonfigurasi, maka *tie switches* yang dalam keadaan *open* adalah pada saluran baru. Lalu, algoritma BPSO akan digunakan untuk memilih solusi optimal dari ruang pencarian untuk setiap loop dengan rugi – rugi daya paling rendah.

3.4 Fungsi Objektif dan *Constraint* Sistem

Adapun fungsi objektif yang digunakan pada tugas akhir ini adalah rugi – rugi daya aktif yang paling minimal. Berikut adalah persamaan fungsi objektif yang digunakan.

$$\boldsymbol{F} = \mathbf{min}\ \left(\sum_{\boldsymbol{line=1}}^{\boldsymbol{N}} \boldsymbol{I}_{\text{line}}{}^{\mathbf{2}} \times \boldsymbol{R}_{\text{line}} \right)$$

Adapun *constraint* yang diberikan dalam tugas akhir ini adalah keseimbangan daya aktif dan radialitas jaringan.

- Keseimbangan daya aktif untuk setiap bus.

$$P_{\text{loss}} + P_{\text{load}} = P_{\text{gen}} \qquad (1)$$

Dengan keterangan P_{load} adalah daya pada beban dan P_{loss} adalah rugi-rugi daya pada saluran yang tersambung antara bus sumber dan bus tujuan. Nilai P_{loss} dan P_{load} dengan nilai daya terbangkit yaitu P_{gen} .

- Radialitas Jaringan

$$X_1 + X_2 + X_3 + \ldots X_{\text{n}} = 1 \qquad (2)$$

Dengan keterangan X merupakan status kondisi *tie switch*. Dimana jika X = 1 maka *tie switch* dalam keadaan *open* dan X = 0 maka *tie switch* dalam keadaan *closed*. Dalam sebuah loop, harus ada salah satu *tie switch* dalam keadaan *open* sehingga sistem tetap radial. Sehingga penjumlahan kondisi *tie switch* pada setiap loop harus bernilai 1.

BAB 4
HASIL SIMULASI DAN ANALISIS DATA

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil simulasi dari tugas akhir ini. Simulasi dilakukan dengan nilai beban puncak. Simulasi yang dilakukan adalah analisis aliran daya sebelum dilakukan rekonfigurasi jaringan dengan menggunakan metode Newton Raphson. Setelah itu, dilakuka rekonfigurasi jaringan distribusi untuk mendapatkan konfigurasi sistem dengan rugi – rugi daya yang paling minimal. Metode rekonfigurasi ini menggunakan *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO) .

Pada tugas akhir ini, jumlah bus keenam penyulang ini sebanyak 203 bus dengan Gardu Induk yang dilambangkan sebagai generator bus sebanyak 2 bus serta 201 load bus yang tersebar dalam keenam penyulang. Penyulang Gelombang memiliki 3 bus beban, penyulang Laut memiliki 77 bus beban, penyulang Samudera memiliki 2 bus beban, penyulang Buih memiliki 48 bus beban, penyulang Surut memiliki 28 bus beban, dan penyulang Pasang memiliki 43 bus beban. Adapun data cabang berupa nilai resistansi, reaktansi serta data beban berupa daya aktif dan daya reaktif terdapat pada bab sebelumnya akan digunakan dalam perhitungan aliran daya. Metode analisis yang digunakan sudah dalam bentuk pemrograman yang dapat dijalankan menggunakan Matlab dengan plugin *Matpower 7.1*. Parameter yang dilihat dari hasil simulasi ini adalah total nilai rugi daya aktif dan daya reaktif serta nilai tegangan minimal pada tiap bus masing – masing penyulang. Kondisi sistem telah mencapai optimal ketika rugi daya aktif total merupakan rugi daya yang paling minimal.

4.1 Hasil Simulasi Sebelum Rekonfigurasi

Tahap ini dilakukan analisis aliran daya menggunakan metode Newton Raphson dengan sistem radial pada kondisi sebelum rekonfigurasi. Simulasi dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan pada setiap bus dan nilai rugi – rugi daya aktif dan reaktif pada setiap cabang. Berikut merupakan hasil perhitungan loadflow pada sistem 203 bus GI Tarahan.

Tabel 4.1 Data Saluran Hasil Running Loadflow Sebelum Rekonfigurasi

No Cabang	Dari Bus	Ke Bus	Rugi Daya Aktif (kW)	Rugi Daya Reaktif (kVAr)
1	1	3	1.8317	3.2585
2	3	4	6.6343	11.8019
3	4	5	0.0000	0.0000
4	1	6	11.8930	21.1565
5	6	7	1.7559	3.1236
6	7	8	2.1625	3.8468
7	8	9	0.0009	0.0016
8	8	10	0.9666	1.7196
9	10	11	0.8877	1.5791
10	11	12	0.7251	1.2899
11	12	13	0.6811	1.2116
12	13	14	0.6176	1.0987
13	14	15	0.5989	1.0654
14	15	16	0.5597	0.9957
15	16	17	0.5470	0.9730
16	17	18	0.2328	0.4141
17	18	19	0.2136	0.3800
18	19	20	0.2000	0.3558
19	20	21	0.1572	0.2797
20	21	22	0.0005	0.0009
21	21	23	0.1216	0.2163
22	23	24	0.1174	0.2088
23	24	25	0.0007	0.0012
24	24	26	0.0900	0.1601
25	26	27	0.0296	0.0527
26	27	28	0.0231	0.0410
27	28	29	0.0173	0.0308
28	29	30	0.0060	0.0106
29	30	31	0.0032	0.0057

Tabel 4.1 Data Saluran Hasil Running Loadflow Sebelum Rekonfigurasi (Lanjutan)

No Cabang	Dari Bus	Ke Bus	Rugi Daya Aktif (kW)	Rugi Daya Reaktif (kVAr)
30	31	32	0.0023	0.0041
31	32	33	0.0016	0.0029
32	33	34	0.0004	0.0007
33	1	35	51.2551	91.1779
34	35	36	1.1819	2.1025
35	36	37	0.0010	0.0017
36	37	38	0.0011	0.0020
37	36	39	3.2097	5.7097
38	39	40	3.1692	5.6377
39	40	41	2.9340	5.2193
40	41	42	0.1236	0.0504
41	42	43	0.0114	0.0203
42	41	44	0.0254	0.0452
43	44	45	0.0103	0.0042
44	41	46	1.3473	2.3967
45	46	47	1.3266	2.3598
46	47	48	1.3144	2.3381
47	48	49	1.9148	3.4063
48	49	50	0.0360	0.0147
49	50	51	0.0056	0.0023
50	49	52	1.5710	2.7946
51	52	53	1.4744	2.6228
52	53	54	0.4418	0.1803
53	54	55	0.0825	0.0337
54	55	56	0.0274	0.0112
55	56	57	0.0002	0.0001
56	56	58	0.0252	0.0103
57	56	59	0.0006	0.0003
58	53	60	1.5130	2.6915

Tabel 4.1 Data Saluran Hasil Running Loadflow Sebelum Rekonfigurasi (Lanjutan)

No Cabang	Dari Bus	Ke Bus	Rugi Daya Aktif (kW)	Rugi Daya Reaktif (kVAr)
59	60	61	1.1088	1.9725
60	61	62	0.5298	0.9425
61	62	63	0.4804	0.8547
62	63	64	0.9124	1.6231
63	64	65	0.6312	1.1228
64	65	66	0.5801	1.0320
65	66	67	0.0201	0.0082
66	67	68	0.0013	0.0005
67	66	69	0.7792	1.3861
68	69	70	0.7560	1.3448
69	70	71	0.7105	1.2640
70	71	72	0.2732	0.4861
71	72	73	0.2318	0.4123
72	73	74	0.2054	0.3654
73	74	75	0.0068	0.0121
74	74	76	0.3127	0.5563
75	76	77	0.0013	0.0023
76	77	78	0.0008	0.0014
77	76	79	0.1589	0.2827
78	79	80	0.0001	0.0001
79	79	81	0.0348	0.0619
80	81	82	0.0005	0.0008
81	1	83	0.8418	1.4974
82	83	84	0.4554	0.8100
83	2	85	4.2357	7.5349
84	85	86	0.4270	0.7595
85	86	87	0.4223	0.7512
86	87	88	0.4214	0.7497
87	88	89	0.0032	0.0056

Tabel 4.1 Data Saluran Hasil Running Loadflow Sebelum Rekonfigurasi (Lanjutan)

No Cabang	Dari Bus	Ke Bus	Rugi Daya Aktif (kW)	Rugi Daya Reaktif (kVAr)
88	89	90	0.0027	0.0049
89	90	91	0.0002	0.0004
90	91	92	0.0001	0.0002
91	88	93	0.3017	0.5366
92	93	94	0.2710	0.4821
93	94	95	0.2321	0.4129
94	95	96	0.2296	0.4085
95	96	97	0.1934	0.3440
96	97	98	0.1540	0.2740
97	98	99	0.0051	0.0091
98	98	100	0.1235	0.2196
99	100	101	1.2771	2.2719
100	101	102	0.2945	0.5238
101	102	103	0.2900	0.5159
102	103	104	0.2883	0.5129
103	104	105	0.2232	0.3970
104	105	106	0.0000	0.0001
105	105	107	0.4688	0.8339
106	107	108	0.0461	0.0820
107	108	109	0.0437	0.0778
108	109	110	0.0000	0.0000
109	109	111	0.0427	0.0759
110	111	112	0.0404	0.0719
111	112	113	0.0793	0.1411
112	113	114	0.0749	0.1333
113	114	115	0.0353	0.0629
114	115	116	0.0339	0.0603
115	116	117	0.0289	0.0513
116	117	118	0.0270	0.0480

Tabel 4.1 Data Saluran Hasil Running Loadflow Sebelum Rekonfigurasi (Lanjutan)

No Cabang	Dari Bus	Ke Bus	Rugi Daya Aktif (kW)	Rugi Daya Reaktif (kVAr)
117	118	119	0.0257	0.0458
118	119	120	0.0214	0.0380
119	120	121	0.0139	0.0247
120	121	122	0.0000	0.0000
121	121	123	0.0359	0.0638
122	123	124	0.0042	0.0074
123	124	125	0.0035	0.0062
124	125	126	0.0029	0.0051
125	126	127	0.0023	0.0041
126	127	128	0.0018	0.0032
127	128	129	0.0000	0.0001
128	128	130	0.0010	0.0017
129	130	131	0.0001	0.0002
130	131	132	0.0000	0.0001
131	2	133	0.8046	1.4313
132	133	134	3.3140	5.8953
133	134	135	0.3019	0.5370
134	135	136	1.5233	2.7097
135	136	137	0.0001	0.0001
136	136	138	0.4868	0.8659
137	138	139	0.4689	0.8342
138	139	140	0.0003	0.0005
139	139	141	0.4009	0.7131
140	141	142	0.3454	0.6144
141	142	143	0.2550	0.4537
142	143	144	0.2421	0.4307
143	144	145	0.2296	0.4084
144	145	146	0.2054	0.3655
145	146	147	0.1696	0.3017

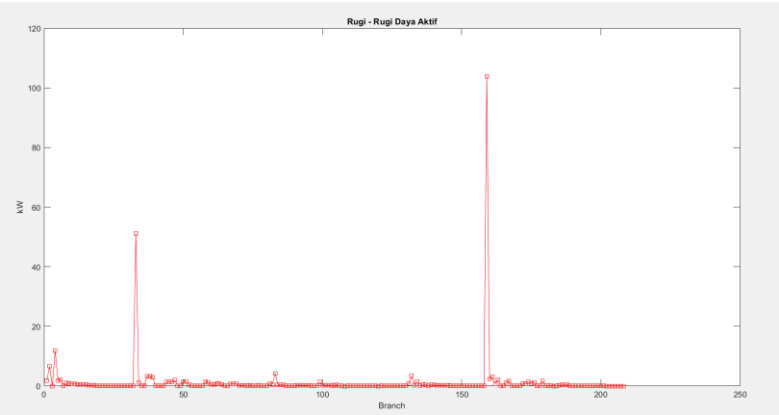
Tabel 4.1 Data Saluran Hasil Running Loadflow Sebelum Rekonfigurasi (Lanjutan)

No Cabang	Dari Bus	Ke Bus	Rugi Daya Aktif (kW)	Rugi Daya Reaktif (kVAr)
146	147	148	0.1296	0.2306
147	148	149	0.1116	0.1986
148	149	150	0.1032	0.1835
149	150	151	0.0950	0.1690
150	151	152	0.0872	0.1551
151	152	153	0.0319	0.0567
152	153	154	0.0155	0.0275
153	154	155	0.0205	0.0364
154	155	156	0.0056	0.0100
155	156	157	0.0040	0.0071
156	157	158	0.0113	0.0201
157	158	159	0.0019	0.0033
158	159	160	0.0004	0.0007
159	2	161	103.8748	184.7834
160	161	162	2.3305	4.1457
161	162	163	3.0818	5.4823
162	163	164	0.7473	1.3294
163	164	165	2.1332	3.7947
164	165	166	0.0063	0.0112
165	166	167	0.0008	0.0014
166	165	168	1.2105	2.1534
167	168	169	1.7123	3.0460
168	169	170	0.0104	0.0185
169	170	171	0.0118	0.0210
170	171	172	0.0051	0.0091
171	172	173	0.0001	0.0001
172	169	174	0.8180	1.4551
173	174	175	0.7721	1.3736
174	175	176	1.2600	2.2414

Tabel 4.1 Data Saluran Hasil Running Loadflow Sebelum Rekonfigurasi (Lanjutan)

No Cabang	Dari Bus	Ke Bus	Rugi Daya Aktif (kW)	Rugi Daya Reaktif (kVAr)
175	176	177	0.9231	1.6420
176	177	178	1.2179	2.1664
177	178	179	0.0003	0.0005
178	178	180	0.0011	0.0019
179	178	181	1.7096	3.0412
180	182	181	0.0020	0.0035
181	183	182	0.0011	0.0019
182	181	184	0.2124	0.3778
183	184	185	0.0000	0.0000
184	184	186	0.0818	0.1454
185	186	187	0.1817	0.3233
186	187	188	0.3235	0.5755
187	188	189	0.4609	0.8198
188	189	190	0.3737	0.6648
189	190	191	0.1281	0.2279
190	191	192	0.0310	0.0552
191	192	193	0.0007	0.0013
192	192	194	0.0144	0.0256
193	194	195	0.0002	0.0004
194	190	196	0.0281	0.0500
195	196	197	0.1261	0.2243
196	197	198	0.0365	0.0650
197	198	199	0.0276	0.0491
198	199	200	0.0045	0.0080
199	199	201	0.0046	0.0081
200	201	202	0.0004	0.0008
201	202	203	0.0005	0.0009
Total Rugi Daya			**256.778**	455.721

Simulasi di atas dilakukan pada kondisi pembebanan sistem seimbang dan tanpa dilakukan rekonfigurasi. Hasil simulasi aliran daya pada sistem kelistrikan GI Tarahan menunjukkan nilai rugi daya total jaringan yang relatif tinggi. Total rugi daya nyata yang dihasilkan mencapai nilai 256.778 kW, begitu juga dengan total rugi daya reaktifnya yang mencapai 455.721 kVAR. Nilai total rugi daya pada jaringan ini berusaha dikurangi dengan mengubah konfigurasi jaringan terbaik sehingga rugi daya sistem dapat diminimalkan secara optimal.



Gambar 4.1 Grafik Rugi Daya Aktif Sebelum Rekonfigurasi

Gambar 4.1 menunjukkan rugi daya terbesar terdapat pada cabang 159 yang mengirimkan daya dari bus-2 ke bus-161. Hal ini disebabkan karena jarak saluran antar bus sangat jauh yaitu dengan jarak sejauh 13 KM, hal ini menyebabkan rugi dayanya pun memiliki nilai yang besar yaitu sebesar 103.8748 kW .

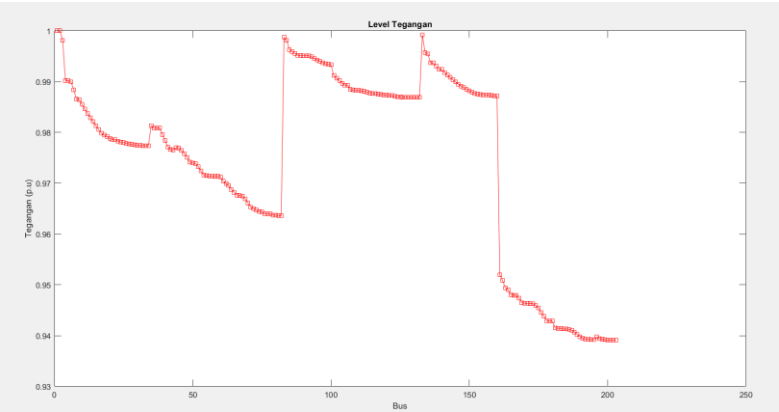
Tabel 4.2 Rugi – Rugi Daya pada Setiap Penyulang Sebelum Rekonfigurasi

No	Penyulang	Rugi Daya Aktif (kW)	Rugi Daya Reaktif (kVAr)
1	Gelombang	8.466	15.060
2	Laut	103.353	182.793
3	Samudera	1.297	2.307
4	Buih	10.430	18.554

Tabel 4.2 Rugi – Rugi Daya pada Setiap Penyulang Sebelum Rekonfigurasi (Lanjutan)

No	Penyulang	Rugi Daya Aktif (kW)	Rugi Daya Reaktif (kVAr)
5	Surut	9.365	16.660
6	Pasang	123.866	220.347
Total		256.778	455.721

Berdasarkan dari hasil simulasi aliran daya yang ditunjukkan pada tabel 4.2, penyulang dengan rugi daya tertinggi terdapat pada penyulang Pasang dengan rugi daya aktif sebesar 123.866 kW dan rugi daya reaktif sebesar 220.347 kVAr.



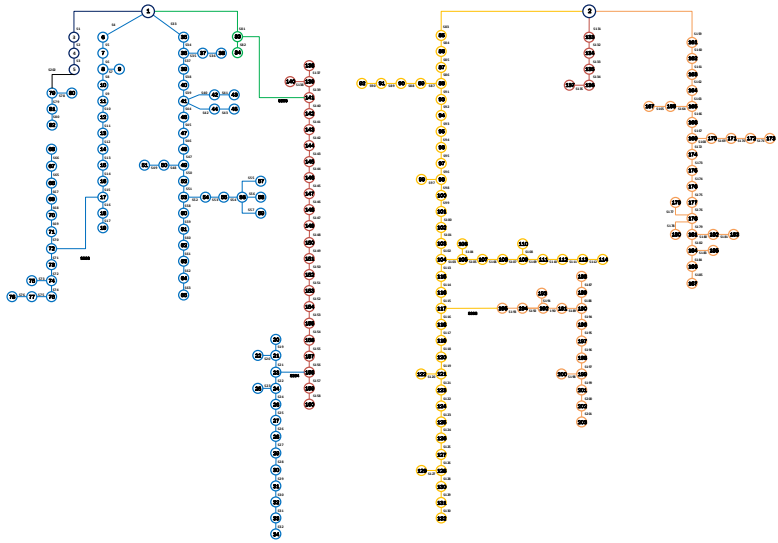
Gambar 4.2 Grafik Tegangan Sebelum Rekonfigurasi

Gambar 4.2 menunjukkan hasil tegangan pada setiap bus sebelum dilakukan optimasi rekonfigurasi jaringan. Berdasarkan hasil simulasi tersebut dapat diketahui bahwa tegangan terendah terdapat pada bus-200 yaitu sebesar 0.93912 p.u atau sebesar 18.782 KV.

4.2 Hasil Simulasi Setelah Rekonfigurasi

Proses rekonfigurasi dilakukan dengan menggunakan metode *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO). Metode BPSO akan menentukan kombinasi *tie switches* yang terpasang pada tiap – tiap penyulang yang menghasilkan rugi daya total yang paling minimal.

Setelah dilakukan simulasi menggunakan Matlab dengan metode BPSO, didapatkan bentuk *Single Line Diagram* baru yang merupakan hasil rekonfigurasi jaringan seperti pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3 *Single Line Diagram* Setelah Rekonfigurasi

Pada gambar 4.3, dapat dilihat bahwa ada perubahan kondisi *tie switches* dari keenam penyulang. Sebelum dilakukan rekonfigurasi, *tie switches* yang dalam keadaan *open* dari keenam penyulang tersebut adalah S202, S203, S204, S205, S206, S207, dan S208. Setelah dilakukan rekonfigurasi jaringan, maka *tie switches* yang *open* dari keenam penyulang berganti menjadi S18, S64, S77, S136, S186, S205, S207. Kombinasi dari *tie switches* yang baru dipilih karena menghasilkan rugi - rugi daya jaringan distribusi yang lebih kecil dibandingkan kombinasi *tie switches* yang lain. Berikut adalah hasil simulasi aliran daya setelah dilakukannya rekonfigurasi.

Tabel 4.3 Data Saluran Hasil Running Loadflow Setelah Rekonfigurasi

No Cabang	Dari Bus	Ke Bus	Rugi Daya Aktif (kW)	Rugi Daya Reaktif (kVAr)
1	1	3	4.590	8.165

Tabel 4.3 Data Saluran Hasil Running Loadflow Setelah Rekonfigurasi (Lanjutan)

No Cabang	Dari Bus	Ke Bus	Rugi Daya Aktif (kW)	Rugi Daya Reaktif (kVAr)
2	3	4	18.186	32.352
3	4	5	0.051	0.091
4	1	6	9.469	16.845
5	6	7	1.384	2.463
6	7	8	1.702	3.027
7	8	9	0.001	0.002
8	8	10	0.731	1.300
9	10	11	0.662	1.178
10	11	12	0.523	0.931
11	12	13	0.486	0.865
12	13	14	0.433	0.770
13	14	15	0.417	0.742
14	15	16	0.385	0.684
15	16	17	0.374	0.666
16	17	18	0.001	0.002
17	18	19	0.000	0.000
18	19	20	-	-
19	20	21	0.003	0.005
20	21	22	0.001	0.001
21	21	23	0.010	0.017
22	23	24	0.116	0.207
23	24	25	0.001	0.001
24	24	26	0.089	0.159
25	26	27	0.029	0.052
26	27	28	0.023	0.041
27	28	29	0.017	0.030
28	29	30	0.006	0.010
29	30	31	0.003	0.006
30	31	32	0.002	0.004

Tabel 4.3 Data Saluran Hasil Running Loadflow Setelah Rekonfigurasi (Lanjutan)

No Cabang	Dari Bus	Ke Bus	Rugi Daya Aktif (kW)	Rugi Daya Reaktif (kVAr)
31	32	33	0.002	0.003
32	33	34	0.000	0.001
33	1	35	18.756	33.366
34	35	36	0.410	0.729
35	36	37	0.001	0.002
36	37	38	0.001	0.002
37	36	39	1.037	1.844
38	39	40	1.014	1.804
39	40	41	0.884	1.573
40	41	42	0.121	0.049
41	42	43	0.011	0.020
42	41	44	0.025	0.044
43	44	45	0.010	0.004
44	41	46	0.283	0.504
45	46	47	0.274	0.487
46	47	48	0.268	0.477
47	48	49	0.377	0.671
48	49	50	0.035	0.014
49	50	51	0.005	0.002
50	49	52	0.236	0.419
51	52	53	0.199	0.355
52	53	54	0.431	0.176
53	54	55	0.080	0.033
54	55	56	0.027	0.011
55	56	57	0.000	0.000
56	56	58	0.025	0.010
57	56	59	0.001	0.000
58	53	60	0.059	0.105
59	60	61	0.029	0.052

Tabel 4.3 Data Saluran Hasil Running Loadflow Setelah Rekonfigurasi (Lanjutan)

No Cabang	Dari Bus	Ke Bus	Rugi Daya Aktif (kW)	Rugi Daya Reaktif (kVAr)
60	61	62	0.011	0.019
61	62	63	0.005	0.009
62	63	64	0.006	0.010
63	64	65	0.001	0.002
64	65	66	-	-
65	66	67	0.019	0.008
66	67	68	0.001	0.001
67	66	69	0.010	0.018
68	69	70	0.013	0.022
69	70	71	0.019	0.034
70	71	72	0.010	0.017
71	72	73	0.023	0.042
72	73	74	0.016	0.028
73	74	75	0.007	0.012
74	74	76	0.009	0.017
75	76	77	0.001	0.002
76	77	78	0.001	0.001
77	76	79	-	-
78	79	80	0.000	0.000
79	79	81	0.033	0.059
80	81	82	0.000	0.001
81	1	83	7.881	14.019
82	83	84	0.458	0.814
83	2	85	14.322	25.478
84	85	86	1.473	2.620
85	86	87	1.464	2.604
86	87	88	1.462	2.601
87	88	89	0.003	0.006
88	89	90	0.003	0.005

Tabel 4.3 Data Saluran Hasil Running Loadflow Setelah Rekonfigurasi (Lanjutan)

No Cabang	Dari Bus	Ke Bus	Rugi Daya Aktif (kW)	Rugi Daya Reaktif (kVAr)
89	90	91	0.000	0.000
90	91	92	0.000	0.000
91	88	93	1.230	2.187
92	93	94	1.167	2.075
93	94	95	1.084	1.928
94	95	96	1.079	1.919
95	96	97	0.998	1.775
96	97	98	0.905	1.610
97	98	99	0.005	0.009
98	98	100	0.828	1.473
99	100	101	8.644	15.377
100	101	102	2.033	3.616
101	102	103	2.021	3.595
102	103	104	2.016	3.587
103	104	105	1.593	2.834
104	105	106	0.000	0.000
105	105	107	3.735	6.643
106	107	108	0.371	0.660
107	108	109	0.364	0.648
108	109	110	0.000	0.000
109	109	111	0.361	0.643
110	111	112	0.354	0.630
111	112	113	0.704	1.253
112	113	114	0.691	1.229
113	114	115	0.339	0.603
114	115	116	0.334	0.595
115	116	117	0.318	0.565
116	117	118	0.028	0.050
117	118	119	0.027	0.047

Tabel 4.3 Data Saluran Hasil Running Loadflow Setelah Rekonfigurasi (Lanjutan)

No Cabang	Dari Bus	Ke Bus	Rugi Daya Aktif (kW)	Rugi Daya Reaktif (kVAr)
118	119	120	0.022	0.039
119	120	121	0.014	0.026
120	121	122	0.000	0.000
121	121	123	0.037	0.066
122	123	124	0.004	0.008
123	124	125	0.004	0.006
124	125	126	0.003	0.005
125	126	127	0.002	0.004
126	127	128	0.002	0.003
127	128	129	0.000	0.000
128	128	130	0.001	0.002
129	130	131	0.000	0.000
130	131	132	0.000	0.000
131	2	133	0.039	0.070
132	133	134	0.151	0.269
133	134	135	0.012	0.021
134	135	136	0.023	0.041
135	136	137	0.000	0.000
136	136	138	-	-
137	138	139	0.000	0.000
138	139	140	0.000	0.001
139	139	141	0.004	0.007
140	141	142	1.352	2.406
141	142	143	1.167	2.077
142	143	144	1.140	2.027
143	144	145	1.112	1.979
144	145	146	1.058	1.883
145	146	147	0.975	1.734
146	147	148	0.875	1.557

Tabel 4.3 Data Saluran Hasil Running Loadflow Setelah Rekonfigurasi (Lanjutan)

No Cabang	Dari Bus	Ke Bus	Rugi Daya Aktif (kW)	Rugi Daya Reaktif (kVAr)
147	148	149	0.828	1.472
148	149	150	0.804	1.431
149	150	151	0.781	1.389
150	151	152	0.758	1.349
151	152	153	0.294	0.524
152	153	154	0.146	0.259
153	154	155	0.257	0.457
154	155	156	0.110	0.196
155	156	157	0.103	0.183
156	157	158	0.619	1.100
157	158	159	0.002	0.003
158	159	160	0.000	0.001
159	2	161	29.771	52.961
160	161	162	0.652	1.161
161	162	163	0.857	1.524
162	163	164	0.202	0.360
163	164	165	0.552	0.983
164	165	166	0.006	0.011
165	166	167	0.001	0.001
166	165	168	0.267	0.475
167	168	169	0.354	0.630
168	169	170	0.010	0.018
169	170	171	0.011	0.020
170	171	172	0.005	0.009
171	172	173	0.000	0.000
172	169	174	0.106	0.189
173	174	175	0.091	0.161
174	175	176	0.095	0.170
175	176	177	0.066	0.117

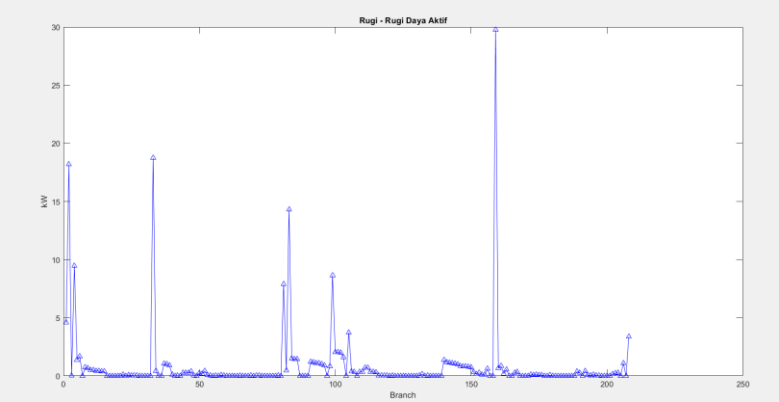
Tabel 4.3 Data Saluran Hasil Running Loadflow Setelah Rekonfigurasi (Lanjutan)

No Cabang	Dari Bus	Ke Bus	Rugi Daya Aktif (kW)	Rugi Daya Reaktif (kVAr)
176	177	178	0.084	0.150
177	178	179	0.000	0.000
178	178	180	0.001	0.002
179	178	181	0.056	0.099
180	182	181	0.002	0.003
181	183	182	0.001	0.002
182	181	184	0.003	0.006
183	184	185	0.000	0.000
184	184	186	0.001	0.002
185	186	187	0.001	0.001
186	187	188	-	-
187	188	189	0.000	0.001
188	189	190	0.007	0.012
189	190	191	0.372	0.662
190	191	192	0.256	0.456
191	192	193	0.001	0.001
192	192	194	0.443	0.788
193	194	195	0.056	0.099
194	190	196	0.027	0.047
195	196	197	0.119	0.212
196	197	198	0.035	0.061
197	198	199	0.026	0.046
198	199	200	0.004	0.008
199	199	201	0.004	0.008
200	201	202	0.000	0.001
201	202	203	0.000	0.001
202	5	79	0.147	0.262
203	17	72	0.223	0.396
204	23	158	0.277	0.493

Tabel 4.3 Data Saluran Hasil Running Loadflow Setelah Rekonfigurasi (Lanjutan)

No Cabang	Dari Bus	Ke Bus	Rugi Daya Aktif (kW)	Rugi Daya Reaktif (kVAr)
205	31	162	-	-
206	83	141	1.111	1.976
207	114	155	-	-
208	117	195	3.363	5.983
Total Rugi Daya			**175.150**	310.539

Hasil simulasi aliran daya pada sistem kelistrikan GI Tarahan setelah rekonfigurasi menunjukkan nilai rugi daya total jaringan yang menurun dibandingkan dengan kondisi sistem eksisting. Total rugi daya nyata yang dihasilkan mencapai nilai 175.150 kW, begitu juga dengan total rugi daya reaktifnya yang mencapai 310.539 kVAR.



Gambar 4.4 Grafik Rugi Daya Aktif Setelah Rekonfigurasi

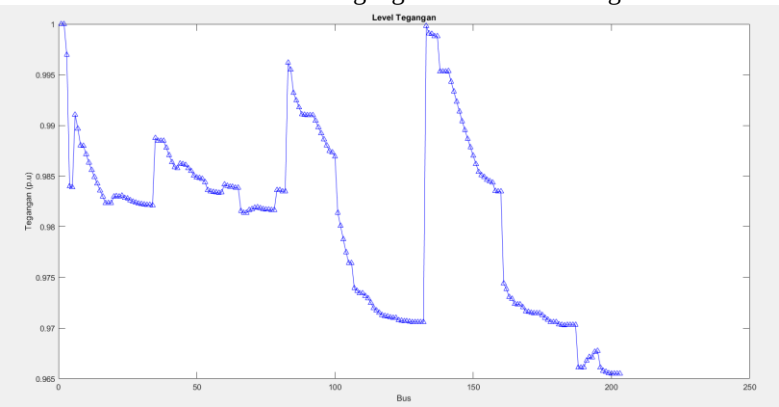
Gambar 4.4 menunjukkan rugi daya terbesar setelah dilakukannya rekonfigurasi terdapat pada cabang 159 yang mengirimkan daya dari bus-2 ke bus-161. Nilai rugi daya pada cabang 159 adalah sebesar 29.771 kW.

Tabel 4.4 Rugi – Rugi Daya pada Setiap Penyulang Setelah Rekonfigurasi

No	Penyulang	Rugi Daya Aktif (kW)	Rugi Daya Reaktif (kVAr)
1	Gelombang	23.009	40.930
2	Laut	41.544	72.866
3	Samudera	22.415	39.875
4	Buih	54.760	97.413
5	Surut	0.226	0.401
6	Pasang	33.196	59.053
Total		175.150	310.539

Berdasarkan dari hasil simulasi aliran daya yang ditunjukkan pada tabel 4.4, penyulang dengan rugi daya tertinggi setelah hasil rekonfigurasi terdapat pada penyulang Buih dengan rugi daya aktif sebesar 54.760 kW dan rugi daya reaktif sebesar 97.413 kVAr.

Gambar 4.5 Grafik Tegangan Setelah Rekonfigurasi



Gambar 4.5 menunjukkan hasil tegangan pada setiap bus setelah dilakukannya rekonfigurasi jaringan. Berdasarkan hasil simulasi tersebut dapat diketahui bahwa tegangan terendah terdapat pada bus-200 yaitu sebesar 0.96548 p.u atau sebesar 19.3097 KV.

4.3 Analisa Hasil Rekonfigurasi

Nilai total rugi daya aktif pada jaringan setelah rekonfigurasi mengalami penurunan sebesar 81.627 kW atau sebesar 31.789%. Sementara nilai total rugi daya reaktif mengalami penurunan sebesar 145.182 kVAr atau sebesar 31.858%. Kondisi dari *tie switches* setelah rekonfigurasi mengalami perubahan. Sebelum rekonfigurasi *tie switches* dengan kondisi *open* terdapat pada cabang saluran S202, S203, S204, S205, S206, S207, S208. Setelah dilakukan rekonfigurasi jaringan, maka *tie switches* yang *open* dari keenam penyulang berganti menjadi S18, S64, S77, S136, S186, S205, S207. Perbandingan hasil simulasi sebelum dan setelah rekonfigurasi dapat dilihat pada tabel 4.5

Tabel 4.5 Hasil Simulasi Rekonfigurasi Jaringan Menggunakan BPSO

	Sebelum	Sesudah
Saluran yang dibuka	S202, S203, S204 S205, S206, S207, S208	S18, S64, S77, S136, S186, S205, S207
Rugi – rugi daya aktif	256.7776 kW	175.1503 kW
Pengurangan rugi – rugi daya aktif	-	31.7891 %
Rugi – rugi daya reaktif	455.7213 kVAr	310.5389 kVAr
Pengurangan rugi – rugi daya reaktif	-	31.8577 %
Nilai tegangan minimum	0.93912 pu	0.96549 pu

Setelah rekonfigurasi terdapat perubahan pembebanan pada setiap penyulang. Penyulang Gelombang memiliki penambahan beberapa beban yang berasal dari penyulang Laut, bus beban yang ditambah yaitu dimulai dari bus beban 79 hingga bus beban 82. Hal ini dikarenakan bus beban 79 hingga bus beban 82 akan lebih dekat dengan bus 1 yang mana merupakan generator bus. Jadi, pemilihan pemindahan beban ini sesuai dengan teori dimana $P_{loss} = I^2R$, semakin jauh jarak titik sumber dengan titik beban, maka semakin besar resistansinya, sehingga rugi - rugi daya menjadi semakin besar, begitu pula sebaliknya.

Penyulang Laut sendiri memiliki pengurangan pembebanan yang di pecah ke penyulang Gelombang dan penyulang Samudera. Beban

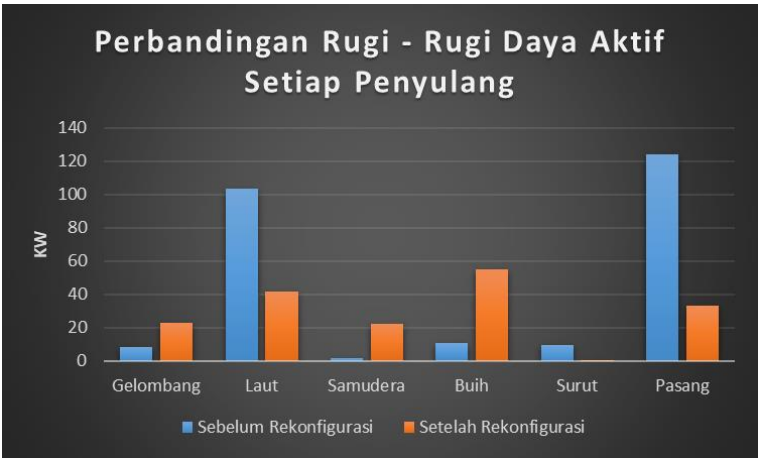
pada penyulang Laut sendiri berpindah saluran, dimana yang awalnya bus beban 66 hingga bus beban 78 tersambung ke bus beban 65. Sekarang kelompok bus beban 66 hingga 78 tersambung ke bus beban 17.

Penyulang Samudera memiliki penambahan beban dari bus beban 20 hingga 34 dari penyulang Laut dan bus beban 138 hingga 160 dari penyulang Buih.

Penyulang Buih memiliki penambahan beban yang dipecah dari penyulang Pasang, yaitu dari bus beban 188 hingga bus beban 203. Seperti yang diketahui pada simulasi sebelumnya, bahwa penyulang Pasang memiliki rugi – rugi daya yang paling tinggi, hal ini akan mengakibatkan pengurangan rugi – rugi daya pada penyulang Pasang dan juga akan meningkatkan level tegangan pada Penyulang Pasang.

Pada penyulang Surut terdapat pengurangan bus beban 138 hingga bus beban 160 yang di alihkan ke penyulang Samudera. Hal ini dipilih karena akan menimbulkan rugi - rugi daya yang lebih kecil dibandingkan konfigurasi sebelumnya.

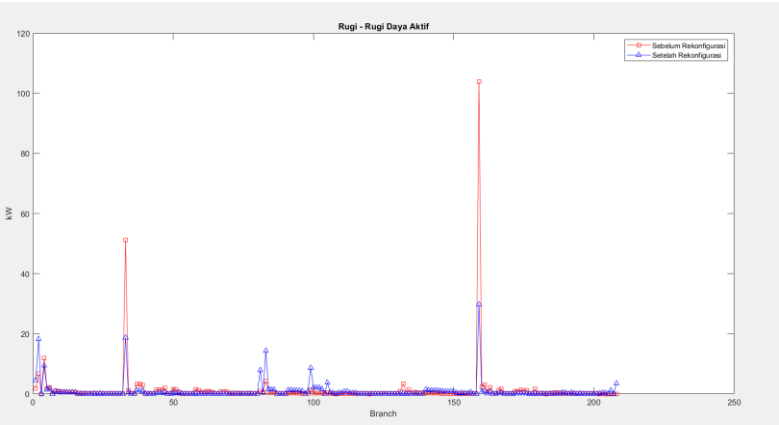
Berikut merupakan gambar grafik perbandingan rugi – rugi daya sebelum dan sesudah rekonfigurasi pada masing – masing penyulang.



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Rugi – Rugi Daya Aktif Setiap Penyulang

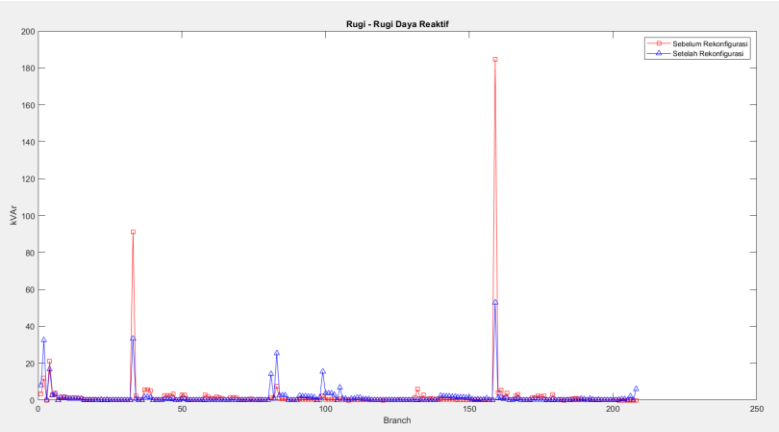
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Rugi – Rugi Daya Reaktif Setiap Penyulang

Rugi daya aktif tertinggi pada jaringan setelah rekonfigurasi mengalami penurunan yang sangat signifkan. Sebelum rekonfigurasi, rugi daya aktif tertinggi terletak pada cabang 159 dengan rugi daya aktif sebesar 103.8748 kW. Sementara, setelah rekonfigurasi rugi daya aktif tertinggi terdapat pada cabang 159 dengan nilai sebesar 29.771 kW. Berikut merupakan grafik perbandingan rugi daya aktif sebelum dan sesudah rekonfigurasi.



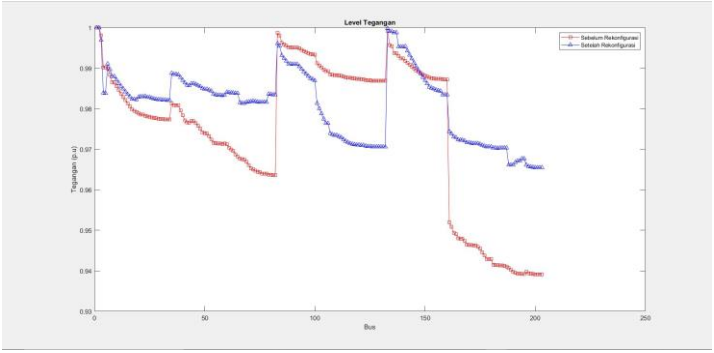
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Rugi – Rugi Daya Aktif percabang

Rugi daya reaktif tertinggi pada jaringan setelah rekonfigurasi mengalami penurunan yang sangat signifkan. Sebelum rekonfigurasi, rugi daya aktif tertinggi terletak pada cabang 159 dengan rugi daya aktif sebesar 184.7834 kVAr. Sementara, setelah rekonfigurasi rugi daya aktif tertinggi terdapat pada cabang 159 dengan nilai sebesar 52.961 kVAr. Berikut merupakan grafik perbandingan rugi daya aktif sebelum dan sesudah rekonfigurasi.



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Rugi – Rugi Daya Reaktif percabang

Pada level tegangan, bus 1 dan bus 2 tidak mengalami perubahan nilai tegangan karena kedua bus ini merupakan Gardu Induk yang disimulasikan sebagai generator bus. Mayoritas bus beban mengalami kenaikan level tegangan pada saat setelah rekonfigurasi. Tegangan minimum sistem mengalami kenaikan dari 0.93912 p.u atau sebesar 18.782 kV, menjadi sebesar 0.96548 p.u atau sebesar 19.3097 kV. Hal ini karena dilakukannya rekonfigurasi jaringan dengan mengubah kondisi *tie switches* menjadi konfigurasi yang paling optimal. Grafik perbandingan level tegangan sebelum dan setelah rekonfigurasi dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.10 Grafik Tegangan Sebelum dan Sesudah Rekonfigurasi

4.4 Validasi Hasil Simulasi

Hasil simulasi yang telah ditunjukkan pada subbab sebelumnya perlu dilakukan pengujian dari program yang telah dibuat untuk mengetahui apakah hasil sudah valid dan juga dapat diketahui persentase error hasil pengujian. Proses validasi dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi program pada MATLAB dan simulasi pada ETAP. Hasil validasi dapat ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4.6 Hasil Validasi Simulasi pada Sistem Eksisting

Sebelum Rekonfigurasi			
	Matlab	Etap	%Err
Rugi – rugi daya aktif	256.778 kW	264.585 kW	3.04%
Rugi – rugi daya reaktif	455.721 kVAr	454.196 kVAr	0.33%

Tabel 4.7 Hasil Validasi Simulasi pada Sistem Setelah Rekonfigurasi

Setelah Rekonfigurasi			
	Matlab	Etap	%Err
Rugi – rugi daya aktif	175.150 kW	169.883 kW	3.01%
Rugi – rugi daya reaktif	310.539 kVAr	300.106 kVAr	3.36%

Hasil validasi simulasi menunjukkan persentase error yang kecil antara hasil simulasi pada MATLAB dengan simulasi pada ETAP.

Simulasi pada ETAP dilakukan setelah mendapatkan hasil optimasi menggunakan MATLAB.

4.5 Perbandingan dengan Metode Lainnya

Pada subbab ini akan dilakukan perbandingan antara metode dengan metode lainnya. Pada tugas akhir ini metode pembanding yang digunakan adalah metode rekonfigurasi yang diusulkan oleh Merline dan Back [14]. Berikut merupakan tabel perbandingan antara metode BPSO dan metode yang diusulkan oleh Merline dan Back.

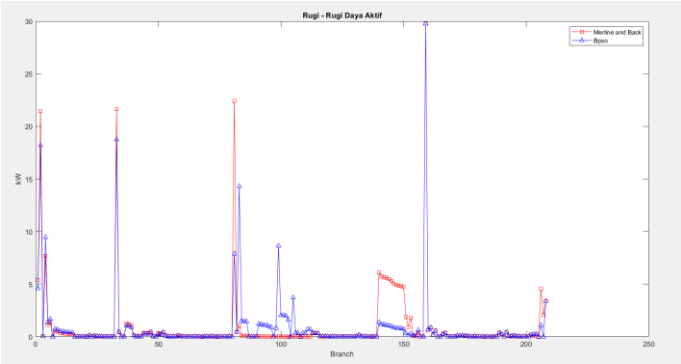
Tabel 4.8 Perbandingan Metode BPSO dengan Metode Lainnya

	BPSO	Merline and Back
Saluran yang dibuka	S18, S64, S77, S136, S186, S205, S207	S21, S68, S74, S103, S137, S186, S205
Rugi – rugi daya aktif	175.1503 kW	203.472 kW
Pengurangan rugi – rugi daya aktif	31.7891 %	20.7595 %
Rugi – rugi daya reaktif	310.5389 kVAr	360.917 kVAr
Pengurangan rugi – rugi daya reaktif	31.8577 %	20.8030 %
Nilai tegangan minimum	0.96549 pu	0.95881 pu

Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat bahwa metode BPSO dapat mengurangi rugi – rugi daya aktif yang lebih banyak dibandingkan dengan metode Merline and Back. Rekonfigurasi dengan metode BPSO sendiri mengurangi rugi – rugi daya pada sistem hingga mencapai nilai 31.7891 %. Sementara rekonfigurasi dengan metode Merline and Back hanya mengurangi rugi – rugi daya pada jaringan sebesar 20.7595%. Dari hasil perbandingan dapat dilihat bahwa metode BPSO lebih memiliki keunggulan dalam melakukan rekonfigurasi pada jaringan distribusi baik dalam sistem yang kecil maupun besar.

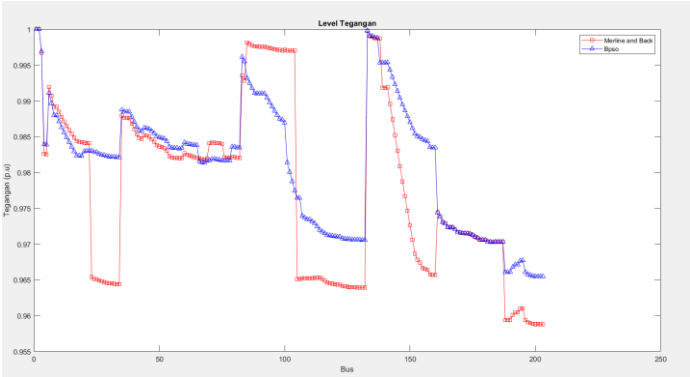
Mayoritas Rugi – rugi daya pada saluran setelah rekonfigurasi pada BPSO memilki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan metode Merline and Back. Untuk rugi daya aktif terbesar pada saluran, metode BPSO dan Merline and Back memiliki nilai yang sama yaitu 29.771 kW yang terdapat pada cabang saluran 159. Berikut merupakan grafik

perbandingan rugi – rugi daya aktif antara metode BPSO dengan metode Merline and Back.



Gambar 4.11 Perbandingan Grafik Rugi – Rugi Daya Metode BPSO dengan Merline and Back

Mayoritas level tegangan pada bus setelah rekonfigurasi pada metode BPSO memilki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan metode Merline and Back. Untuk level tegangan terkecil dengan menggunakan metode BPSO terdapat pada bus 200 dengan nilai tegangan 0.96549 pu. Sementara level tegangan terkecil setelah rekonfigurasi dengan menggunakan metode Merline and Back terdapat pada bus 200 dengan nilai tegangan sebesar 0.95881 pu.



Gambar 4.12 Perbandingan Grafik Tegangan Daya metode BPSO dengan Merline and Back

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan dalam tugas akhir ini, dapat di ambil kesimpulan yaitu :

1. Semakin jauh jarak saluran maka akan menyebabkan rugi daya yang tinggi pula, seperti pada cabang saluran 159 yang memiliki jarak 13 KM dengan rugi daya aktif dan reaktif tertinggi yaitu sebesar 103.8748 kW dan 184.7834 kVAr.
2. Setelah dilakukannya rekonfigurasi jaringan, *tie switches* dalam keadaan *open* berubah menjadi *tie switches* pada S18, S64, S77, S136, S186, S205, S207.
3. Tegangan minimal setelah rekonfigurasi mengalami peningkatan dari 0.93912 p.u atau sebesar 18.782 kV, menjadi sebesar 0.96548 p.u atau sebesar 19.3097 kV.
4. Sistem kelistrikan pada penyulang di GI Tarahan Setelah dilakukan rekonfigurasi jaringan dengan BPSO menunjukkan adanya pengurangan rugi – rugi daya dari 256.7776 kW dan 455.7213 kVAr menjadi 175,1503 kW dan 310.5389 kVAr.
5. Pada tugas akhir ini dilakukan perbandingan metode BPSO dengan metode rekonfigurasi jaringan yang di usulkan oleh Merline dan Back. Didapatkan hasil pengurangan rugi – rugi daya yang lebih tinggi dengan menggunakan metode BPSO yaitu sebesar 31.7891% pada rugi – rugi daya aktif dan 31.8577% pada rugi – rugi daya reaktif. Sementara metode rekonfigurasi yang diusulkan oleh Merline dan Back memilki nilai pengurangan rugi – rugi daya sebesar 20.7595% pada rugi – rugi daya aktif dan 20.8030% pada rugi – rugi daya reaktif.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari hasil analisis tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan analisis rekonfigurasi dengan kondisi beban perjam, sehingga didapat pengurangan rugi – rugi daya yang lebih maksimal.
2. Perlu dilakukannya rekonfigurasi jaringan pada sistem yang tidak seimbang agar mendapatkan hasil yang lebih sesuai dengan kondisi nyata di lapangan.

3. Rekonfigurasi jaringan dengan adanya penambahan *Distributed Generation* (DG) dengan mempertimbangkan variasi beban.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Supriyatna, A. Natsir, N. M. Seniari, S. Nababan, “Pemodelan dan Analisis Sistem Distribusi Tenaga Listrik” 2014.

[2] A. A. Firdaus, “Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Menggunakan Binary Particle Swarm Optimization Untuk Menaikkan Nilai indeks Stabilitas Tegangan,” 2014.

[3] J. Kartoni and E. Ervianto, “Analisa Rekonfigurasi Pembebanan Untuk Mengurangi Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Distribusi 20 kV,” *Jom FTEKNIK*, vol. 3, no. 2, p. 1, 2016.

[4] K. Prakash, A. Lallu, F. R. Islam, and K. A. Mamun, “Review of Power System Distribution Network Architecture,” *Proc. - Asia-Pacific World Congr. Comput. Sci. Eng. 2016 Asia-Pacific World Congr. Eng. 2016, APWC CSE/APWCE 2016*, no. June 2018, pp. 124–130, 2017, doi: 10.1109/APWC-on-CSE.2016.030.

[5] H. Saadat, Power System Analysis, McGraw-Hill, 1999.

[6] N. N. Yin, M. Thuzar, and E. P. Thwe, “Distribution Network System,” *2017 21st Int. Comput. Sci. Eng. Conf.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–5, 2017.

[7] J. Kennedy, “Particle Swarm Optimization,” in *Encyclopedia of Machine Learning and Data Mining*, Boston, MA: Springer US, 2017, pp. 967–972.

[8] V. J. Shetty, R. B. Magadum, and S. G. Ankaliki, “Distribution system Network Reconfiguration for Voltage profile improvement and loss reduction Using BPSO,” *Proc. 2019 2nd Int. Conf. Power Embed. Drive Control. ICPEDC 2019*, pp. 454–457, 2019.

[9] K. Sampath, S. Pattabiraman, M. Kannan, G. Ganesan, and K. Narayanan, " *Power Loss Minimization in Radial Distribution System through Network Reconfiguration"*. 2019.

[10] M. J. Tahir, I. A. Latiff, M. Alam, and M. S. Mazliham, “Network Reconfiguration Using Modified Particle Swarm Algorithm,” *2018 2nd Int. Conf. Smart Sensors Appl. ICSSA 2018*, pp. 1–5, 2018.

[11] A. A. Abou El-Ela, R. A. El-Sehiemy, and N. K. El-Ayaat, “Multi-objective Binary Particle Swarm optimization Algorithm for Optimal Distribution System Reconfiguration,” *2019 21st Int. Middle East Power Syst. Conf. MEPCON 2019 - Proc.*, pp. 435–440, 2019.

[12] O. Zebua and I. M. Ginarsa, “Rekonfigurasi Jaringan Distribusi untuk Meminimisasi Rugi-Rugi pada Penyulang Kabut di Gardu Induk Teluk Betung Menggunakan Metode Binary Particle Swarm Optimization (BPSO),” J. Nas. Tek. Elektro, vol. 5, no. 1, p. 110, 2016, doi: 10.25077/jnte.v5n1.198.2016.

[13] PT.PLN, "AMADIS V1.0; Aplikasi Manajemen Aset Distribusi," PLN UID Lampung, 2020. [Online]. Available: http://27.50.27.157/amadis.

[14] A. Samir, A. Ahmed, S. A. Nagy, and I. Ibrahim, “Network Reconfiguration for Loss Reduction in Electrical Distribution System Using Genetic Algorithm” 2012.

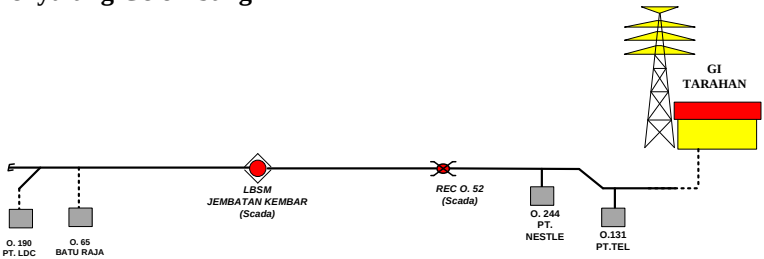
[15] S. M. Myint and S. W. Naing, “Network reconfiguration for loss reduction and voltage profile improvement of 110-bus radial distribution system using exhaustive search techniques,” Int. J. Electr. Comput. Eng., vol. 5, no. 4, pp. 788–797, 2015, doi: 10.11591/ijece.v5i4.pp788-797.

[16] PT.PLN, "Studi Masterplan Kelistrikan Kota Bandar Lampung," PLN UID Lampung, Bandar Lampung, 2020.

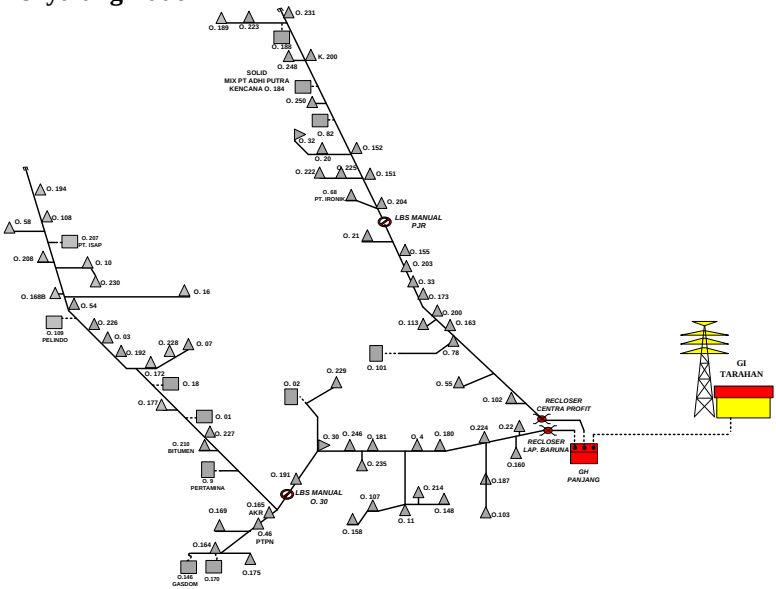
LAMPIRAN 1

Gambar File Visio *Single Line Diagram* (SLD) tiap penyulang pada GI Tarahan

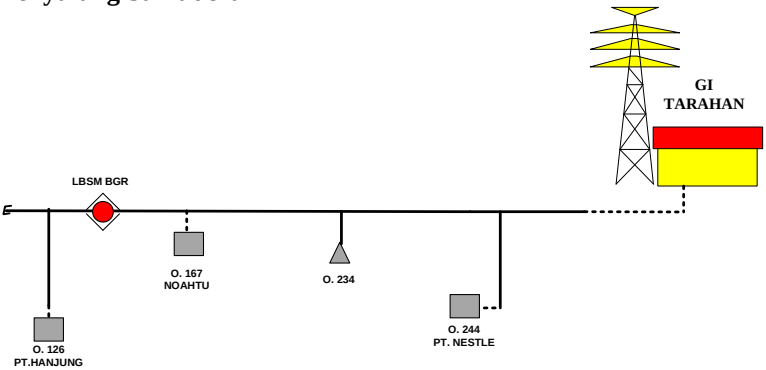
Penyulang Gelombang



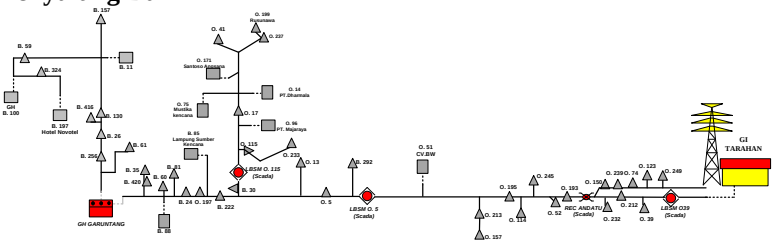
Penyulang Laut



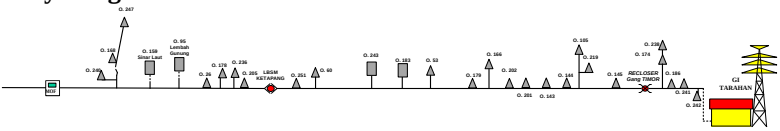
Penyulang Samudera



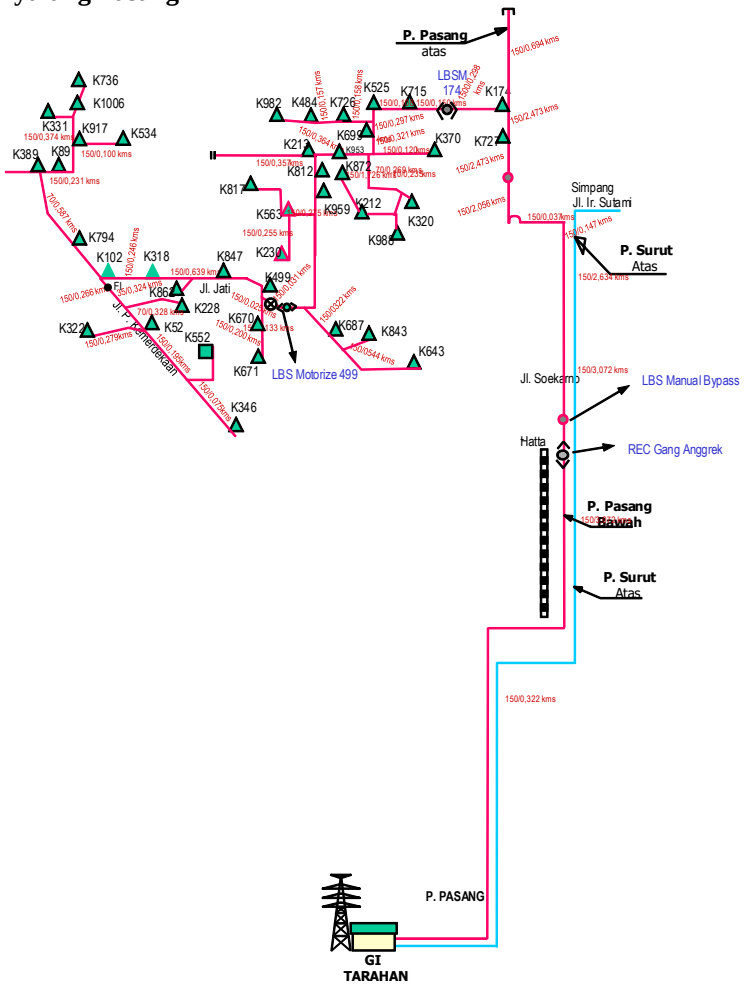
Penyulang Buih



Penyulang Surut



Penyulang Pasang



LAMPIRAN 2
Tabel Tegangan Setiap Bus Sebelum Rekonfigurasi

Bus	Tegangan (p.u)
1	1
2	1
3	0.99808
4	0.99024
5	0.99024
6	0.98997
7	0.98843
8	0.98653
9	0.98651
10	0.98554
11	0.98459
12	0.98374
13	0.98291
14	0.98212
15	0.98134
16	0.98059
17	0.97985
18	0.97950
19	0.97918
20	0.97886
21	0.97858
22	0.97856
23	0.97833
24	0.97809
25	0.97807
26	0.97787
27	0.97775
28	0.97764
29	0.97755

Bus	Tegangan (p.u)
30	0.97750
31	0.97746
32	0.97742
33	0.97739
34	0.97738
35	0.98135
36	0.98090
37	0.98089
38	0.98087
39	0.97963
40	0.97836
41	0.97714
42	0.97663
43	0.97652
44	0.97700
45	0.97694
46	0.97647
47	0.97580
48	0.97514
49	0.97415
50	0.97398
51	0.97393
52	0.97326
53	0.97240
54	0.97162
55	0.97147
56	0.97142
57	0.97141
58	0.97133
59	0.97140
60	0.97127
61	0.97041

Bus	Tegangan (p.u)
62	0.96998
63	0.96958
64	0.96880
65	0.96824
66	0.96769
67	0.96755
68	0.96752
69	0.96689
70	0.96609
71	0.96532
72	0.96501
73	0.96473
74	0.96447
75	0.96439
76	0.96401
77	0.96399
78	0.96398
79	0.96373
80	0.96372
81	0.96360
82	0.96358
83	0.99875
84	0.99808
85	0.99632
86	0.99594
87	0.99556
88	0.99519
89	0.99515
90	0.99512
91	0.99511
92	0.99511
93	0.99487

Bus	Tegangan (p.u)
94	0.99457
95	0.99429
96	0.99401
97	0.99375
98	0.99353
99	0.99341
100	0.99332
101	0.99120
102	0.99070
103	0.99021
104	0.98972
105	0.98933
106	0.98933
107	0.98844
108	0.98835
109	0.98827
110	0.98827
111	0.98818
112	0.98810
113	0.98794
114	0.98778
115	0.98770
116	0.98763
117	0.98756
118	0.98749
119	0.98742
120	0.98736
121	0.98732
122	0.98731
123	0.98707
124	0.98703
125	0.98700

Bus	Tegangan (p.u)
126	0.98697
127	0.98694
128	0.98692
129	0.98691
130	0.98690
131	0.98689
132	0.98689
133	0.99918
134	0.99575
135	0.99543
136	0.99368
137	0.99368
138	0.99304
139	0.99241
140	0.99241
141	0.99183
142	0.99129
143	0.99083
144	0.99038
145	0.98994
146	0.98953
147	0.98915
148	0.98882
149	0.98851
150	0.98822
151	0.98794
152	0.98767
153	0.98756
154	0.98751
155	0.98743
156	0.98740
157	0.98737

Bus	Tegangan (p.u)
158	0.98726
159	0.98722
160	0.98721
161	0.95194
162	0.95086
163	0.94941
164	0.94906
165	0.94802
166	0.94798
167	0.94796
168	0.94738
169	0.94645
170	0.94641
171	0.94633
172	0.94629
173	0.94629
174	0.94593
175	0.94542
176	0.94450
177	0.94382
178	0.94291
179	0.94290
180	0.94289
181	0.94149
182	0.94146
183	0.94143
184	0.94131
185	0.94130
186	0.94123
187	0.94106
188	0.94073
189	0.94025

Bus	Tegangan (p.u)
190	0.93981
191	0.93945
192	0.93933
193	0.93931
194	0.93923
195	0.93923
196	0.93974
197	0.93942
198	0.93931
199	0.93919
200	0.93912
201	0.93915
202	0.93914
203	0.93913

LAMPIRAN 3
Tabel Tegangan Setiap Bus SetelahRekonfigurasi

Bus	Tegangan (p.u)
1	1
2	1
3	0.99695
4	0.98397
5	0.98388
6	0.99106
7	0.98969
8	0.98800
9	0.98798
10	0.98714
11	0.98633
12	0.98560
13	0.98490
14	0.98424
15	0.98359
16	0.98297
17	0.98235
18	0.98233
19	0.98232
20	0.98296
21	0.98300
22	0.98299
23	0.98307
24	0.98283
25	0.98281
26	0.98262
27	0.98249
28	0.98239
29	0.98229

Bus	Tegangan (p.u)
30	0.98224
31	0.98220
32	0.98217
33	0.98214
34	0.98212
35	0.98875
36	0.98849
37	0.98848
38	0.98846
39	0.98777
40	0.98705
41	0.98639
42	0.98587
43	0.98577
44	0.98624
45	0.98619
46	0.98608
47	0.98578
48	0.98548
49	0.98504
50	0.98487
51	0.98482
52	0.98470
53	0.98438
54	0.98361
55	0.98347
56	0.98341
57	0.98340
58	0.98333
59	0.98340
60	0.98416
61	0.98402

Bus	Tegangan (p.u)
62	0.98396
63	0.98392
64	0.98385
65	0.98383
66	0.98154
67	0.98139
68	0.98136
69	0.98163
70	0.98173
71	0.98186
72	0.98191
73	0.98182
74	0.98175
75	0.98167
76	0.98167
77	0.98165
78	0.98164
79	0.98361
80	0.98360
81	0.98348
82	0.98347
83	0.99618
84	0.99550
85	0.99320
86	0.99249
87	0.99179
88	0.99108
89	0.99105
90	0.99102
91	0.99101
92	0.99101
93	0.99044

Bus	Tegangan (p.u)
94	0.98981
95	0.98920
96	0.98860
97	0.98802
98	0.98746
99	0.98735
100	0.98693
101	0.98139
102	0.98008
103	0.97877
104	0.97747
105	0.97643
106	0.97643
107	0.97393
108	0.97368
109	0.97343
110	0.97343
111	0.97318
112	0.97294
113	0.97245
114	0.97197
115	0.97173
116	0.97149
117	0.97126
118	0.97119
119	0.97113
120	0.97107
121	0.97102
122	0.97101
123	0.97077
124	0.97073
125	0.97069

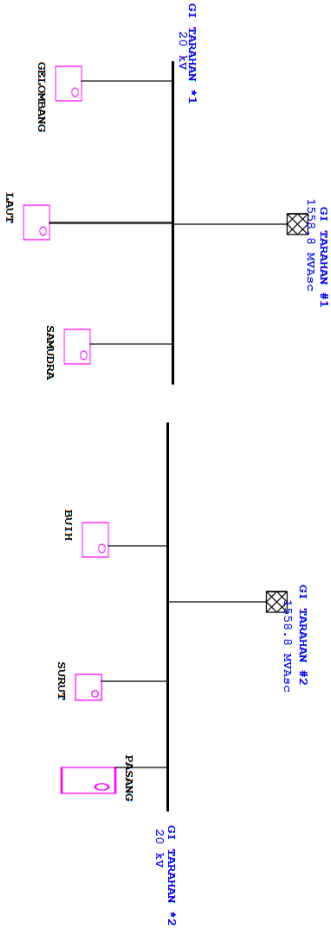
Bus	Tegangan (p.u)
126	0.97066
127	0.97063
128	0.97061
129	0.97061
130	0.97059
131	0.97058
132	0.97058
133	0.99982
134	0.99909
135	0.99903
136	0.99881
137	0.99881
138	0.99530
139	0.99532
140	0.99531
141	0.99538
142	0.99431
143	0.99332
144	0.99234
145	0.99137
146	0.99042
147	0.98952
148	0.98866
149	0.98783
150	0.98700
151	0.98619
152	0.98540
153	0.98508
154	0.98492
155	0.98463
156	0.98449
157	0.98436

Bus	Tegangan (p.u)
158	0.98351
159	0.98348
160	0.98346
161	0.97440
162	0.97383
163	0.97307
164	0.97289
165	0.97236
166	0.97232
167	0.97231
168	0.97206
169	0.97164
170	0.97160
171	0.97152
172	0.97148
173	0.97148
174	0.97145
175	0.97128
176	0.97102
177	0.97084
178	0.97060
179	0.97059
180	0.97059
181	0.97035
182	0.97031
183	0.97028
184	0.97032
185	0.97032
186	0.97032
187	0.97031
188	0.96609
189	0.96610

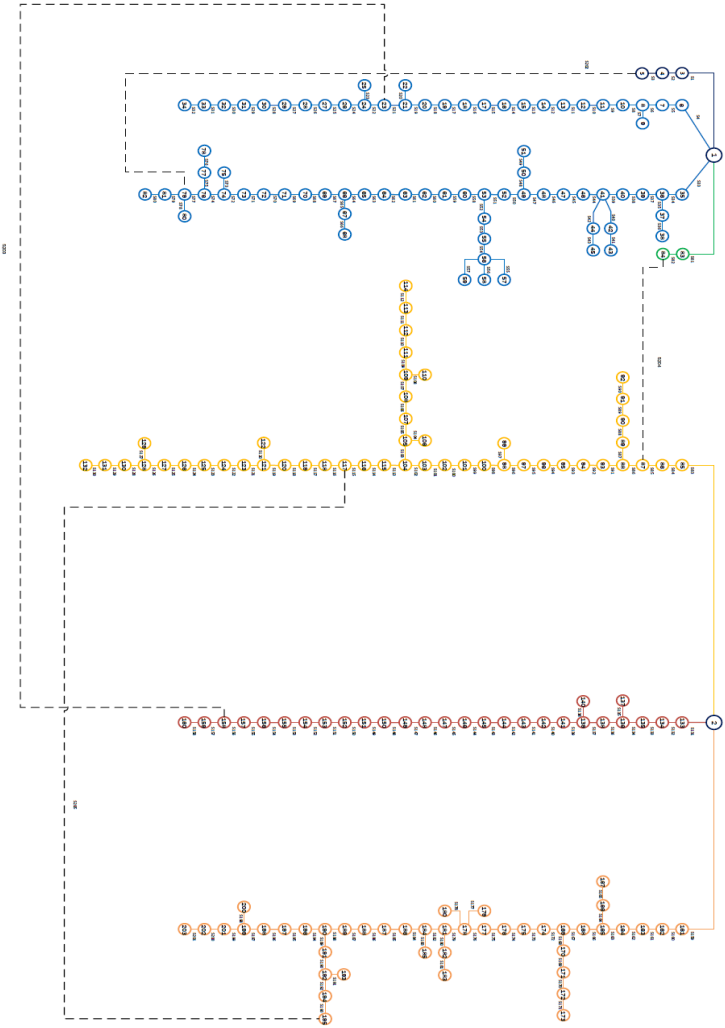
Bus	Tegangan (p.u)
190	0.96616
191	0.96677
192	0.96713
193	0.96711
194	0.96767
195	0.96774
196	0.96609
197	0.96577
198	0.96567
199	0.96555
200	0.96549
201	0.96551
202	0.96551
203	0.96549

LAMPIRAN 4

***Single Line Diagram* Penyulang pada GI Tarahan dengan ETAP 16.0.0**

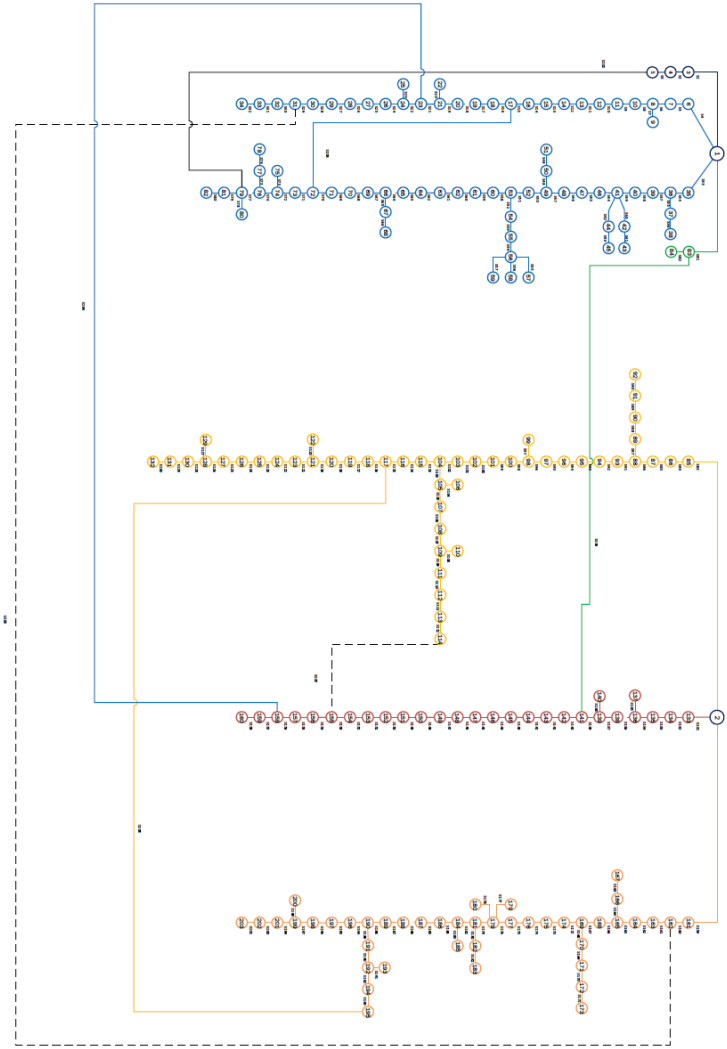


LAMPIRAN 5
Single Line Diagram Penyulang pada GI Tarahan Sebelum Rekonfigurasi



LAMPIRAN 6

***Single Line Diagram* Penyulang pada GI Tarahan Setelah Rekonfigurasi**



BIODATA PENULIS

Muhammad Fabian Riza merupakan anak pertama dari dua bersaudara yang lahir pada tanggal 20 Oktober 1999 di Minas. Besar di Kota Banda Aceh. Penulis mengawali pendidikan dasar di SD Negeri 3 Sigli, lalu kemudian pindah pada saat kelas 2 ke SD Negeri 50 Banda Aceh. Pendidikan menengah pertama dilanjutkan di SMP Negeri 19 Percontohan Banda Aceh, kemudian dilanjutkan di SMA Negeri 10 Fajar Harapan Banda Aceh. Sejak tahun 2017 Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Departemen Teknik Eleketro ITS. Bidang studi yang penulis ambil adalah Teknik Sistem Tenaga. Saat ini penulis aktif sebagai asisten di *Power Sistem Simulation Laboratorium* (PSSL). Penulis dapat dihubungi melalui *email* : mfabianriza6@gmail.com

(Halaman ini sengaja dikosongkan)