REKONFIGURASI JARINGAN DISTRIBUSI PADA PENYULANG BADAI DI GARDU INDUK TELUK BETUNG UNTUK MEMINIMISASI RUGI-RUGI DENGAN METODE *BINARY PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* (BPSO)

(Skripsi)

Oleh

ALBET ARIFIAN R.

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016

ABSTRACT

DISTRIBUTION NETWORK RECONFIGURATION AT BADAI FEEDER IN TELUK BETUNG SUBSTATION TO MINIMIZE POWER LOSSES WITH BINARY PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (BPSO) METHOD

By

ALBET ARIFIAN R.

Power losses minimization by means distribution network reconfiguration is necessary for densely populated areas. Many reconfiguration alternatives and methods to reduce power losses had been proposed. This undergraduate thesis presents a reconfiguration of the distribution network with a case study of Badai feeder in substations Teluk Betung using binaryparticle swarm optimization(BPSO) method.Reconfiguration is done only create new line without changing the number of line. The results showed that by planning five new lines, the BPSOmethod can find a new configuration to minimizes losses. The result of active power losses from the new configuration is 210.8349 kW or reduced by 25.5136% frombeforethe reconfiguration, its 283.0515 kW.Voltage profile on each bus is also better than the voltage before the reconfiguration, where the minimum voltage before reconfiguration is 0.93432 per unit and after reconfiguration rise to 0.95278 per unit. However, the selection of the best starting position of the entire collection of particles outside the loop formed by the configuration of the new linemay cause a failure to find the best configuration.

Keywords: power losses minimisation, reconfiguration, feeder, distribution network, BPSO.

ABSTRAK

REKONFIGURASI JARINGAN DISTRIBUSI PADA PENYULANG BADAI DI GARDU INDUK TELUK BETUNG UNTUK MEMINIMISASI RUGI-RUGI DENGAN METODE *BINARY PARTICLE SWARM OPTIMIZATION*(BPSO)

Oleh

ALBET ARIFIAN R.

Meminimisasi rugi-rugi daya dengan cara merekonfigurasi jaringan distribusi sangat dibutuhkan terutama untuk pemukiman yang padat penduduk.Banyaknya alternatif rekonfigurasi dan metode untuk megurangi rugi-rugi daya. Makalah ini menyajikan rekonfigurasi jaringan dengan studi kasus penyulang Badai pada gardu induk Teluk Betung dengan menggunakan metode *binary particle swarm optimization* (BPSO). Rekonfigurasi dilakukan hanya membuat saluran baru tanpa merubah jumlah saluran.Hasil penelitian menunjukan bahwa dengan merencanakan lima saluran baru, dengan metode BPSO dapat menemukan konfigurasi baru yang lebih meminimalkan rugi-rugi. Rugi-rugi daya aktif yang dihasilkan dari konfigurasi baru sebesar 210,8349 kW atau berkuang sebesar 25,5136 % dari sebelum rekonfigurasi, yakni 283,0515 kW. Profil tegangan pada setiap bus juga lebih baik dari tegangan sebelum rekonfigurasi, dimana tegangan minimum sebelum rekonfigurasi adalah 0,93432 per unit dan setelah rekonfigurasi naik menjadi 0,95278 per unit. Namun pemilihan posisi awal terbaik dari seluruh kumpulan partikel diluar lup konfigurasi yang dibentuk oleh saluran baru dapat menyebabkan kegagalan untuk menemukan konfigurasi terbaik.

Kata kunci: Minimisasi rugi-rugi, rekonfigurasi, penyulang, jaringan distribusi, BPSO.

REKONFIGURASI JARINGAN DISTRIBUSI PADA PENYULANG BADAI DI GARDU INDUK TELUK BETUNG UNTUK MEMINIMISASI RUGI-RUGI DENGAN METODE *BINARY PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* (BPSO)

Oleh

ALBET ARIFIAN R.

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Program Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016

Judul Skripsi	:	**REKONFIGURASI JARINGAN DISTRIBUSI PADA PENYULANG BADAI DI GARDU INDUK TELUK BETUNG UNTUK MEMINIMALISASI RUGI-RUGI DENGAN METODE *BINARY PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* (BPSO)**
Nama Mahasiswa	:	**ALBET ARIFIAN R.**
No. Pokok Mahasiswa	:	0915031078
Jurusan	:	Teknik Elektro
Fakultas	:	Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing,

Osea Zebua, S.T., M.T.	**Ir. Noer Soedjarwanto, M.T.**
NIP 19700609 199903 1 002	NIP 19631114 199903 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Elektro

Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc.
NIP 19731128 199903 1 005

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Osea Zebua, S.T., M.T.** .....

Sekretaris : **Ir. Noer Soedjarwanto, M.T.** .....

Penguji
Bukan Pembimbing : **Ir. Abdul Haris, M.T.** .....

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung

Prof. Suharno, M.Sc., Ph.D.
NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **14 April 2016**

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri. Adapun karya orang lain yang terdapat dalam skripsi ini telah dicantumkan sumbernya pada daftar pustaka.

Apabila pernyataan saya tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 23 juni 2016

METERAI TEMPEL
2C5EEADF830123304
6000
ENAM RIBU RUPIAH

Albet Arifian R.
0915031078

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Bandar Lampung, lampung, pada tanggal 18 April 1990. Penulis lahir dari pasangan Syariffudin dan Naina. Penulis memasuki dunia pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SD Al-Kautsar Bandar Lampung, lulus padaTahun 2002, Sekolah Lanjut Tingkat Pertama (SLTP) di SLTP Al-Kautsar Bandar Lampung, lulus pada tahun 2005, dan Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) di SMKN 2 Bandar Lampung lulus pada tahun 2008.

Tahun 2009, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dilembaga kemahasiswaan internal yang ada di Universitas lampung, dana nggota devisi pendidikan jurusan Teknik Elektro pada tahun 2009-2010. Pada tahun 2013, Penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di PT PLN (Persero) Unit Tragi Tarahan pada Gardu Induk (GI) Teluk Betung. Mengangkat judul "*Setting* Rele Diferensial pada Transformator 60 MVA pada PT PLN (Persero) Unit Tragi Tarahan pada Gardu Induk (GI) Teluk Betung".

"Tandani Ulun Lampung, wat Piil-Pusanggiri

Mulia heno sehitung, wat liom khega dikhi

Juluk-Adok kham pegung,

Nemui-Nyimah muakhi

Nengah-Nyampur mak ngungkung,

Sakai-Sambaian gawi"

Terimakasih kuhantarkan kepada allah SWT dan Nabi Muhammad SAW dan Aku persembahkan karya kecil dan sederhana ini untuk orang-orang yang selalu senantiasa mendukung dan peduli terhadapku. Aku akan selalu menginggat semua kebaikan itu dan akan berusaha semampuku untuk dapat membalasnya.

SANWACANA

Segala puji bagi Allah SWT atas nikmat kesehatan dan kesempatan yang diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian Tugas Akhir ini. Sholawat serta salam selalu penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai suri teladan bagi umat manusia. Tugas Akhir dengan judul "Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Pada Penyulang Badai Di Gardu Induk Teluk Betung"Menggunakan Metode *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO) untuk Untuk Meminimisasi Rugi-Rugi Pada Jaringan Distribusi di Penyulang Badai Gardu Induk Teluk Betung.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada jurusan Teknik Elektro, FakultasTeknik, Universitas Lampung. Dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak lepas oleh dukungan dan bantuan dari banyak pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M.P. selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Suharno, M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

3. Bapak Dr. Ing Ardian Ulvan, S.T., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung.
4. Bapak Osea Zebua, S.T., M.T. selaku Pembimbing Utama sekaligus Pembimbing Akademik penulis, yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dan pandangan hidup kepada penulis di setiap kesempatan dengan baik dan ramah.
5. Bapak Ir. Noer Soedjarwanto, M.T. selaku Pembimbing Pendamping yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis dengan baik dan ramah.
6. Bapak Ir. Abdul Haris, M.T. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik yang membangun serta saran yang sangat baik kepada penulis dalam mengerjakan skripsi ini.
7. Segenap Dosen di Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat, wawasan, dan pengalaman yang sangat berarti bagi penulis.
8. Segenap Staff di Jurusan Teknik Elektro dan Fakultas Teknik yang telah membantu penulis baik dalam hal administrasi dan hal – hal lainnya terutama Mbak Dian Rustiningsih.
9. Kepada Ayahanda kami Syariffudin dan Ibunda kami Naina dan tak lupa adik kami Baiti dan aldi yang selalu mendoakan dan mendukung tanpa henti. Tak akan pernah cukup terimakasih kepada mereka.
10. Rekan – rekan seluruh penghuni Laboratorium Teknik Elektro lainnya yang tidak dapat disebutkan namanya, terimakasih atas bantuan, canda tawa, dan dukungan yang selama ini diberikan.

11. Teman – Teman Teknik Elektro angkatan 2009 yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang memberikan dukungan sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
12. Rekan - Rekan Penghuni BESBENG (Ndidie Botoy, Taufik Jlongop, Riyo Modus, Rifqi Mbul, Binsar Batak, Ari uwak, Rifqi AKA “mbeu valak”, Koped Bulu, Ateng Babs Unggul, Ranny Item, Emak heh! , Nisa Papua, Helmi, Robert, Brando, Flesi, Idon) terimakasih atas SEMUA yang terlah dilewati bersama disaat detik – detik terakhir ini untuk saling menyayangi, menyemangati, dan menasehati agar mencapai kesuksesan bersama.
13. Rekan – rekan Himatro Unila, serta Kakak - Kakak dan Adik – Adik Tingkat di Jurusan Teknik Elektro.
14. Semua Pihak yang membantu penulis menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Penulis mengharapkan kritik dan saran konstruktif dari semua pihak demi kemajuan bersama. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 23 Juni 2016

Albet Arifian R.

DAFTAR ISI

		Halaman
ABSTRAK	.....	i
DAFTAR ISI	.....	ii
DAFTAR GAMBAR	.....	v
DAFTAR TABEL	.....	vi
I. PENDAHULUAN		
1.1 Latar Belakang	.....	1
1.2 Tujuan Penelitian	.....	2
1.3 Rumusan Masalah	.....	3
1.4 Batasan Masalah	.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	.....	4
1.6 Hipotesis	.....	4
1.7 Sistematika Penulisan	.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA		
2.1 Sistem Jaringan Distribusi	.....	6
2.2 Rekonfigurasi Jaringan	.....	7
2.3 Aliran Daya	.....	8
2.4 Rugi-Rugi Daya	.....	14

2.5 Minimisasi Rugi-Rugi Saluran Dengan Metode PSO
(*Particle Swarm Optimization*) 17
2.6 Binary Particle Swarm Optimization (BPSO) 20
III. METODE PENELITIAN
3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian 22
3.2 Alat dan Bahan 22
3.3 Tahapan Penelitian 22
3.3.1 Mengidentifikasi Masalah 23
3.3.2 Studi Literatur 23
3.3.3 Pengumpulan Data 23
3.3.4 Simulasi Aliran Daya di Jaringan Distribusi 20kv
pada Penyulang Badai 23
3.3.5 Simulasi Rekonfigurasi Jaringan 24
3.3.6 Menganalisa hasil yang didapat 24
3.3.7 Membuat kesimpulan dari hasil penelitian 24
3.4 Diagram Alir Penelitian 25
3.5 Diagram Alir Program 26
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1 Pemodelan Sistem Distribusi Penyulang Badai 27
4.1.1 Pemodelan Bus 29
4.1.2 Pemodelan Saluran 30

4.1.3 Pemodelan Beban 32

4.2 Simulasi Aliran Daya Sebelum Rekonfigurasi 37

4.3 Rekonfigurasi Sistem Distribusi Penyulang Badai dengan Metode *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO) 38

4.4 Pengujian Rekonfigurasi Jaringan dengan Memvariasikan Jumlah Iterasi, Jumlah Partikel dan Letak Koordinat 45

4.4.1 Pengujian Dengan Variasi Jumlah Iterasi 45

4.4.2 Pengujian Dengan Variasi Jumlah Partikel..... 48

4.4.3 Pengujian Dengan Titik Koordinat Yang Berbeda 49

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan 56

5.2 Saran 57

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

4.1. Data Bus 27

4.2. Data Saluran 29

4.3. Hasil Pengukuran Transfomator Distribusi..... 31

4.4. Data Beban Setiap Bus 33

4.5. Rugi-rugi Daya Aktif dan Rugi-rugi Daya Reaktif Setiap Saluran 35

4.6. Hasil Perbandingan Nilai Sebelum dan Sesudah Rekonfigurasi..... 42

4.7. Hasil Rekonfigurasi Menggunakan Metode BPSO dengan Variasi Jumlah Iterasi 45

4.8. Hasil Rekonfigurasi Menggunakan Metode BPSO dengan Variasi Jumlah Partikel 48

4.9. Hasil Pengujian Jika Semua Titik Koordinat Partikel di Dalam Asumsi Awal 49

4.10. Hasil Perbandingan Jika Dua Titik Koordinat Partikel di Dalam Sedangkan Tiga di Luar dari Asumsi Awal 51

4.11. Hasil Perbandingan Jika Tiga Titik Koordinat Partikel di Dalam Sedangkan Dua di Luar dari Asumsi Awal..... 53

4.12. Hasil Perbandingan Jika Semua Titik Koordinat Partikel di Luar dari Asumsi Awal 54

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

2.1. Jaringan Distribusi Radial `..... 6

2.2. Diagram satu garis saluran transmisi 8

3.1. Diagram Alir Penelitian 23

3.2. Diagram Alir Program..... 24

4.1. Diagram Satu Garis Penyulang Badai..... 26

4.2. Peta Letak Bus-bus Pada Penyulang Badai..... 38

4.3. Diagram Satu Garis Penyulang Badai Dengan
Kemungkinan Konfigurasi Baru 39

4.4. Profil Tegangan Pada Setiap Bus Sebelum dan Sesudah
Rekonfigurasi 42

4.5. Diagram Satu Garis Penyulang Badai Hasil Rekonfigurasi 44

4.6. Jaringan Baru Setelah Rekonfigurasi
dengan Jumlah Iterasi 500 47

4.7. Profil Tegangan Pada Setiap Bus Sebelum dan Sesudah
Rekonfigurasi dengan Koordinat di Sesuai Asumsi Awal..... 50

4.8. Profil Tegangan Pada Setiap Bus Dua
Titik Koordinat Partikel di Dalam Sedangkan Tiga di Luar
dari Asumsi Awal..... 52

4.9. Profil Tegangan Pada Setiap Bus Jika Tiga Titik Koordinat
Partikel di Dalam Sedangkan Dua di Luar dari Asumsi Awal..... 53

4.10. Profil Tegangan Pada Setiap Bus Jika Semua Titik Koordinat Partikel di Luar dari Asumsi Awal Luar dari Asumsi Awal..... 55

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penggunaan tenaga listrik merupakan suatu kebutuhan atau tuntutan hidup yang tidak dapat dipisahkan dalam menunjang segala aktivitas sehari-hari. Tenaga listrik merupakan salah satu bentuk energi yang sangat penting untuk menunjang kehidupan manusia sekarang ini. Di era globalisasi sekarang ini tingkat pertumbuhan industri dan pertumbuhan perumahan sangat pesat. Peningkatan tersebut menyebabkan permintaan akan energi listrik semakin meningkat. Hal ini karena energi listrik merupakan sumber energi utama yang digunakan dalam proses produksi di dunia industri dan menunjang kemajuan taraf hidup manusia.

. Jaringan distribusi merupakan bagian yang penting pada sistem kelistrikan. Dalam penyaluran energi listrik, jaringan distribusi berperan menghubungkan sistem transmisi dengan konsumen tegangan menengah 20 kV dan konsumen tegangan rendah 380/220 Volt. Dalam prakteknya, penyaluran energi kekonsumen sering mengalami kendala sehingga pelayanan terhadap konsumen tidak terpenuhi dengan baik. Maka semakin meningkatnya aktivitas kehidupan manusia secara langsung akan mengakibatkan tingginya permintaan energi listrik yang mengakibatkan penambahan beban pada jaringan listrik.

Penambahan beban akan mengakibatkan penambahan suplai daya yang akan meningkatkan rugi-rugi daya pada saat didistribusikan. Besarnya rugi-rugi daya bergantung pada besar aliran daya aktif dan reaktif, yang terhubung pada beban-beban aktif dan reaktif. Rugi-rugi daya pada jaringan distribusi dapat dikurangi dengan melakukan rekonfigurasi jaringan distribusi. Rekonfigurasi dilakukan dengan mengubah ukuran kabel pada jaringan. Selain itu rekonfigurasi jaringan juga dapat dilakukan dengan mengubah struktur saluran pada jaringan yang sudah terpasang.

Banyaknya alternatif rekonfigurasi sistem baru yang mungkin dibuat, akan menyulitkan operator menentukan pilihan konfigurasi yang tepat. Oleh karena itu diperlukan suatu metode agar didapatkan konfigurasi baru yang optimal dan dengan rugi-rugi daya terendah. Permasalahan konfigurasi jaringan listrik dengan rugi-rugi daya terendah ini telah diusulkan dengan berbagai optimasi, dengan memodelkan kedalam metode *non-heuristic metoode heuristic* maupun *meta-heuristic.* Dari ketiga metode ini sangat membantu dalam mengoptimalkan operasi distibusi daya listik.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan oleh penulis ini memiliki tujuan, antara lain:

1. Membuat simulasi untuk mencari konfigurasi optimal pada jaringan distribusi radial.

2. Menganalisa unjuk kerja jaringan distribusi radial hasil rekonfigurasi jaringan distribusi tegangan menengah sehingga rugi-rugi daya aktif dan reaktif menjadi lebih kecil (diminimisasi).

1.3. Rumusan Masalah

Secara garis besar rumusan permasalahan tujuan penelitian ini adalah :

1. Bagaimana merekonfigurasi jaringan distribusi tegangan menengah pada penyulang Badai pada gardu induk Teluk Betung sehingga sistem beroperasi secara optimal.
2. Apakah rugi-rugi daya aktif pada penyulang Badai dapat diminimalisir seoptimal mungkin dan terpenuhi pada jaringan yang direkonfigurasi.

1.4. Batasan Masalah

Studi tentang rekonfigurasi jaringan distribusi pada system tenaga listrik pada penyulang Badai Gardu Induk Teluk Betung ini memiliki batasan permasalahan, antara lain:

1. Jaringan distribusi yang dianalisis adalah jaringan distribusi radial.
2. Rekonfigurasi jaringan ini hanya untuk meminimisasi rugi-rugi daya aktif dan reaktif.
3. Dalam penelitian, pengukuran dilakukan pada saat kondisi mantap (*steady-state*) dan beban puncak.
4. Analisis yang digunakan pada penilitian ini hanya dengan merubah jaringan yang sudah ada.

5. Saluran yang pengganti menggunakan jenis dan ukuran kabel yang sama dengan saluran yang sebelumnya diputus.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian tentang rekonfigurasi jaringan distribusi tegangan menengah pada penyulang Badai gardu induk Teluk Betung ini memiliki manfaat, antara lain :

1. Memperbaiki kinerja saluran distibusi sehingga aliran daya lebih optimal dalam penyaluran energi listrik.
2. Terciptanya konfigurasi jaringan distribusi baru dengan rugi-rugi daya aktif dan reaktif yang lebih kecil.

1.6. Hipotesis

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi operasi dengan rugi-rugi jaringan distribusi yang paling minimal dalam operasi system tenaga listrik. Pencarian solusi dalam hal ini dilakukan dengan menerapkan metoda *Binary Particle Swarm Optimization (BPSO).* Diharapkan dengan metode *Binary Particle Swarm Optimization (BPSO)* didapatkan suatu konfigurasi baru yang dapat meminimisasi rugi-rugi pada jaringan distribusi penyulang Badai. Dengan menggunakan metode *Binary Particle Swarm Optimization (BPSO)* maka rekonfigurasi sistem distribusi pada penyulang Badai untuk meminimisasi operasi dapat dilakukan.

1.7. Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini disusun dengan pembagian masing-masing bagian per-bab. Sistematika penulisan skripsi ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang, tujuan penelitian, manfaat penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, hipotesis dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan garis besar tentang teori dasar yang digunakandan yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan, yaitu: rekonfigurasi jaringan dan meminimisasi rugi-rugi daya aktif dan reaktif.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode yang dilakukan dalam penelitian, waktu dan tempat pelaksanaan penelitian, alat dan bahan, langkah-langkah dalam menyelesaikan penelitian ini rekonfigurasi jaringan dan meminimisasi rugi-rugi daya aktif dan reaktif dengan metoda *Binary Particle Swarm Optimization (BPSO).*

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memaparkan hasil dari simulasi *(BPSO).* Dan pembahasan data-data yang diperoleh dari hasil simulasi tersebut.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memberikan kesimpulan berdasarkan hasil penelitian dan saran untuk penelitian selanjutnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

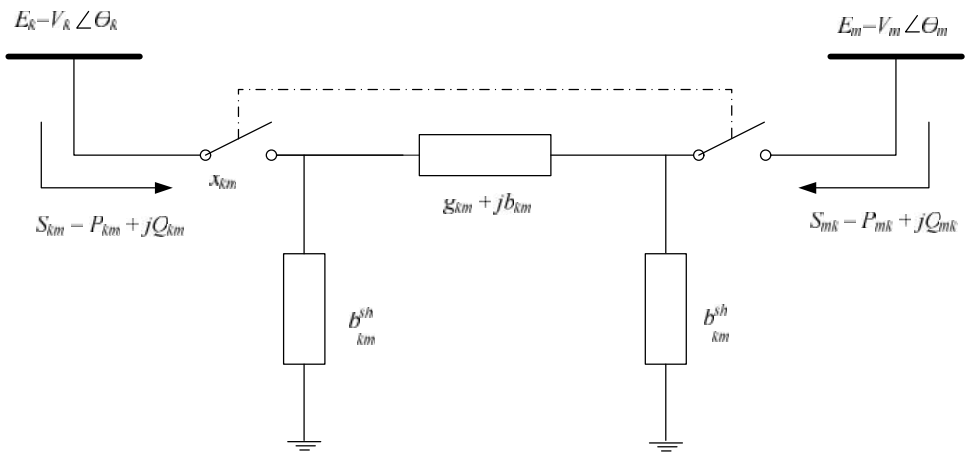
2.1. Sistem Jaringan Distribusi

Suatu sistem distribusi menghubungkan semua beban dengan gardu induk (GI). Hal ini terjadi pada gardu induk (*substation*) dimana juga dilaksanakan transformasi tegangan dan fungsi-fungsi pemutusan dan penghubungan beban (*switching*).

Ditinjau dari konfigurasi jaringan primernya, jaringan distribusi dapat dibedakan atas tiga sistem, yaitu :

1. Sistem jaringan radial

   Struktur dengan sistem ini merupakan jaringan yang paling sederhana, metode pengoperasiannya mudah, hubungan langsung dari titik pengisian kepemakai.



Gambar 2.1 Jaringan Distribusi Radial

2. Sistem jaringan loop

   Pada sistem ini terdapat dua sumber dan arah pengisian yang satu dapat sebagai cadangan,sehingga keandalan cukup tinggi, banyak dipakaipada jaringan umum dan industri.

3. Sistem Jaringan Spindel.

   Pada dasarnya struktur spindel merupakan struktur radial dimana spindel adalah kelompok kumparan yang pola jaringannya ditandai dengan cirri adanya sejumlah kabel yang keluar dari gardu induk (*Feeder*), ke arah suatu titik temu yang disebut garduhubung. Sistem jaringan spindel inilah yang memilikikeandalan tinggi.

2.2. Rekonfigurasi Jaringan[1]

Rekonfigurasi jaringan (*Network Reconfiguration*) merupakan suatu usaha merubah bentuk konfigurasijaringan distribusi dengan mengoperasikan pensakelaran terkontrol jarak jauh (*switching remotely controlled*) pada jaringan

distribusi tanpa menimbulkan akibat yangberesiko pada operasi dan bentuk sistem jaringan distribusi secara keseluruhan. Dalam kondisi operasi normal, rekonfigurasi jaringan dilakukan karena dua alasan:

1. Mengurangi rugi-rugi daya pada sistem (*lossreduction*).
2. Mendapatkan pembebanan yang seimbang untuk mencegah pembebanan yang berlebih pada jaringan (*load balancing*).

2.3. Aliran Daya[3]

Aliran daya adalah solusi dari kondisi operasi sitem tenaga listrik pada keadaan steady-state, yang memberikan gambaran dan dapat dijadikan batasan mengenai operasi sistem tenaga listrik yang dinamis. Studi aliran daya pada sistem tenaga listrik akan memberikan informasi tentang daya nyata (real power), daya reaktif (reactive Power), tegangan dan sudut phasa pada sistem.

Dalam sistem tenaga bus dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu:

1. Bus PQ

   Tipe bus ini digunakan untuk bus beban, pada bus ini daya aktif (P) dan reaktif (Q) diketahui dan besaran yang dapat dihitung pada bus ini adakah tegangan (V) dan sudut (δ) .

2. Bus PV

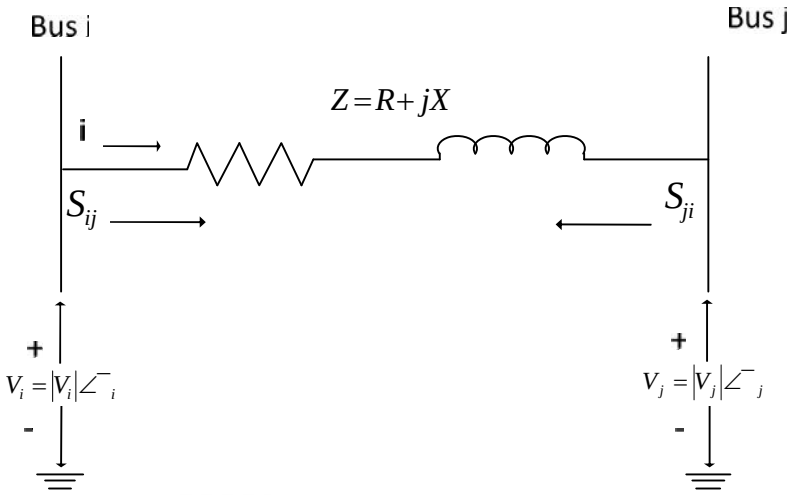
   Pada bus ini daya aktif (P) dan tegangan (V) ditentukan sebagai variabel yang diketahui. Secara umum bus dari pembangkit listrik dapat diketahui sebagai bus PV, karena tegangan pada bus ini dapat dikontrol dengan kapasitas daya reaktif yang dibangkitkan. Besaran yang dihitung pada bus ini adalah daya reaktif (Q) dan sudut tegangan (δ).

3. Slack Bus

   Slack Bus sering disebut Swing Bus. Besaran yang diketahui dari bus ini adalah tegangan (V) dan sudut (δ). Suatu sistem tenaga biasanya didesain memiliki bus ini yang dijadikan sebagai referensi, secara umum besaran dari sudut ini adalah nol ($\delta = 0^o$).

Pada saluran transmisi tiga phasa dalam keadaan seimbang yang menghubungkan bus I dan j seperti gambar 2.2, dengan mengasumsikan bahwa tegangan bus adalah V_i dan V_j dan impedansi saluran adalah Z = R + jR tiap phasa.

Daya komplek tiap phasa yang dikirim dari bus j ke bus i dapat dinyatakan sebagai



Gambar 2.2. Diagram satu garis saluran transmisi

$$S_{ij} = P_{ij} + Q_{ij} = V_i I^* \quad (2.1)$$

$$S_{ij} = P_{ji} + Q_{ji} = V_j (-I)^* \quad (2.2)$$

Dimana:

$$I = \frac{V_i - V_j}{Z} \quad (2.3)$$

Dengan mensubtitusi persamaan (2.1) dan (2.2) dengan (2.3) diperoleh

$$S_{ij} = V_i \frac{V_i^* V_j^*}{Z^*}$$

$$= \frac{[V_i]^2 - [V_i][V_j] \angle \theta_i - \theta_j}{R + jX} \quad (2.4)$$

Dan

$$S_{ji} = V_j - \frac{V_j^* - V_i^*}{Z^*}$$

$$= \frac{[V_j]^2 - [V_i][V_j] \angle \theta_j - \theta_i}{R + jX} \quad (2.5)$$

Sudut phasa antara tegangan dua bus adalah:

$$\gamma = \theta_i - \theta_j \quad (2.6)$$

Maka daya aktif dan reaktif dapat ditulis sebagai berikut:

$$P_{ij} = \frac{1}{R^2 + X^2}\left(R|V_i|^2 - R|V_i||V_j|\right)\cos\gamma + X|V_i||V_j|\sin\gamma \quad (2.7)$$

$$Q_{ij} = \frac{1}{R^2 + X^2}\left(R|V_i|^2 - R|V_i||V_j|\right)\cos\gamma + X|V_i||V_j|\sin\gamma \quad (2.8)$$

Untuk

$$P_{ji} = \frac{1}{R^2 + X^2}\left(\left(R|V_j|^2 - R|V_i||V_j|\right)\cos\gamma + X|V_i||V_j|\sin\gamma\right) \quad (2.9)$$

$$Q_{ji} = \frac{1}{R^2 + X^2}\left(\left(R|V_j|^2 - R|V_i||V_j|\right)\cos\gamma + X|V_i||V_j|\sin\gamma\right) \quad (2.10)$$

Karena nilai resistansi jauh lebih besar dari reaktansi saluran (R>> X) sehingga nilai pembagian dengan resistansi memiliki nilai yang mendekati nol. Dengan demikian maka resistansi saluran dapat diabaikan.

Pada sistem multi-bus, ada beberapa metode yang umum digunakan, yaitu metode Gauss-Seidel, Fast Decoupled dan Newton-Raphson. Pada tugas ini yang akan dibahas adalah menggunakan metode Newton-Raphson.

Metode newton-Raphson secara luas digunakan untuk persamaan non-linier pada sistem tenaga yang lebih besar karena praktis. Jumlah iterasi yang dibutuhkan

sedikit untuk memperoleh pemecahan berdasarkan ukuran sistem. Metode ini lebih disukai karena konvergensinya lebih cepat dan persamaan aliran dayanya dirumuskan dalam bentuk polar.

Untuk persamaan non-linier yang diasumsikan memiliki sebuahh variabel serperti persamaan

$$y = f(x) = 0 \tag{2.15}$$

Dengan menggunakan Deret Taylor persamaan tersebut dapat dijabarkan menjadi

$$f(x) = f(x_0) + \frac{1}{1!}\frac{df(x_0)}{dx}(x - x_0) + \frac{1}{2!}\frac{df^2(x_0)}{dx^2}(x - x_0)^2 + \cdots \frac{1}{n!}\frac{df^n(x_0)}{dx^n}(x - x_0)^n = 0 \tag{2.16}$$

Turunan pertama dari persamaan tersebut diabaikan, unutk pendekatan linier menghasilkan persamaan:

$$f(x) = f(x_0) + \frac{df(x_0)}{dx}(x - x_0) \tag{2.17}$$

Dari

$$x_1 = x_0 - \frac{f(x_0)}{df(x_0)/dx} \tag{2.18}$$

Untuk mengatasi kesalahan notasi, maka persamaan menjadi

$$x^1 = x^0 - \frac{f(x_0)}{df(x_0)/dx} \tag{2.19}$$

Dimana:

$x^0 = pendekatan\ mula - mula$

$x^1 = pendekatan\ pertama$

Oleh karena itu, rumus dapat dikembangkan sampai iterasi terakhir (k+1) menjadi

$$x^{k+1} = x^k - \frac{fx^{(k)}}{df(x^{(k)})/dx} \tag{2.20}$$

$$x^{k+1} = x^k - \frac{fx^{(k)}}{f'(x^{(k)})} \tag{2.21}$$

$$\Delta x = -\frac{fx^{(k)}}{f'(x^{(k)})} \tag{2.22}$$

$$\Delta x = x^{k+1} - x^{k} \tag{2.23}$$

Pada sistem multi bus persamaan daya aktif dan reaktif adalah

$$P_i^{(k)} = \sum_{j=1}^{n} \left|V_i^{(k)}\right| \left|Y_{ij}\right| \left|V_j^{(k)}\right| \cos\left(\theta_{ij} - \delta_i^{(k)} + \delta_j^{(k)}\right) \tag{2.24}$$

$$Q_i^{(k)} = -\sum_{j=1}^{n} \left|V_i^{(k)}\right| \left|Y_{ij}\right| \left|V_j^{(k)}\right| \sin\left(\theta_{ij} - \delta_i^{(k)} + \delta_j^{(k)}\right) \tag{2.25}$$

Kedua persamaan diatas merupakan langkah awal perhitungan aliran daya menggunakan metode Newton Raphson. Penyelesaian aliran daya menggunakan proses iterasi (k+1). Untuk iterasi pertama (1) nilai k = 0, merupakan nilai perkiraan awal (initial estimate) yang ditetapkan sebelum dimulai perhitungan aliran daya. Hasil perhitungan aliran daya menggunakan persamaan (2.24) dan (2.25) dengan nilai $P_i^{(k)}$ dan $Q_i^{(k)}$. Hasil nilai ini digunakan untuk menghitung nilai

$$\Delta P_i^{(k)} = P_{i,spec} - P_{i,calc}{}^{(k)} \tag{2.26}$$

$$\Delta Q_i^{(k)} = Q_{i,spec} - Q_{i,calc}{}^{(k)}$$

Hasil perhitungan $\Delta P_i^{(k)}$ dan $\Delta Q_i^{(k)}$ digunakan untuk matrik Jacobian pada persamaan:

$$\begin{bmatrix} \Delta P_2^{(k)} \\ \vdots \\ \Delta P_n^{(k)} \\ \Delta Q_2^{(k)} \\ \vdots \\ \Delta Q_n^{(k)} \end{bmatrix} = \left[\begin{array}{ccc|ccc} \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial \delta_2} & \cdots & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial |V_2|} & \cdots & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial |V_n|} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial \delta_2} & \cdots & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial |V_2|} & \cdots & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial |V_n|} \\ \hline \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial \delta_2} & \cdots & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial |V_2|} & \cdots & \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial |V_n|} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial \delta_2} & \cdots & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial |V_2|} & \cdots & \frac{\partial Q_i^{(k)}}{\partial |V_n|} \end{array}\right] \begin{bmatrix} \Delta \delta_2^{(k)} \\ \vdots \\ \Delta \delta_n^{(k)} \\ \Delta \left|V_2^{(k)}\right| \\ \vdots \\ \Delta \left|V_n^{(k)}\right| \end{bmatrix} \tag{2.27}$$

Persamaan (2.27), dapat dilihat bahwa perubahan daya berhubungan dengan perubahan besar tegangan dan sudut phasa. Secara umum persamaan (2.27) dapat disederhanakan manjadi

$$\begin{bmatrix} \Delta P^{(k)} \\ \Delta Q^{(k)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} j_1 & j_2 \\ j_3 & j_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta^{(k)} \\ \Delta [V]^{(k)} \end{bmatrix} \tag{2.28}$$

Besaran elemen matriks jacobian

Elemen matrik jacobian j_1

$$\frac{\partial P_i^{(k)}}{\partial \delta_i} = \boldsymbol{\Sigma}_{j \neq i} \left| V_i^{(k)} \right| \left| V_j^{(k)} \right| \left| Y_{ij} \right| \sin\left(\theta_{ij} - \delta_i^{(k)} + \delta_j^{(k)}\right) j \tag{2.29}$$

$$\frac{\partial P_i^{(k)}}{\partial \delta_i} = -\left| V_i^{(k)} \right| \left| Y_{ij} \right| \left| V_j^{(k)} \right| \sin\left(\theta_{ij} - \delta_i^{(k)} + \delta_j^{(k)}\right) j \neq i \tag{2.30}$$

Elemen matrik jacobian j_2

$$\frac{\partial P_i^{(k)}}{\partial |V_i|} = 2\left| V_i^{(k)} \right| \left| Y_{ij} \right| \cos \theta_{ij} + \boldsymbol{\Sigma}_{j \neq i} \left| V_i^{(k)} \right| \left| Y_{ij} \right| cos\left(\theta_{ij} - \delta_i^{(k)} + \delta_j^{(k)}\right) \tag{2.31}$$

$$\frac{\partial P_i^{(k)}}{\partial |V_i|} = \left| V_i^{(k)} \right| \left| Y_{ij} \right| \cos\left(\theta_{ij} - \delta_i^{(k)} + \delta_j^{(k)}\right) j \neq i \tag{2.32}$$

Elemen matrik Jacobian j_3

$$\frac{\partial Q_i^{(k)}}{\partial \delta_i} = \boldsymbol{\Sigma}_{j \neq i} \left| V_i^{(k)} \right| \left| V_j^{(k)} \right| \left| Y_{ij} \right| \cos\left(\theta_{ij} - \delta_i^{(k)} + \delta_j^{(k)}\right) \tag{2.33}$$

$$\frac{\partial Q_i^{(k)}}{\partial \delta_i} = -\left| V_i^{(k)} \right| \left| Y_{ij} \right| \left| V_j^{(k)} \right| \cos\left(\theta_{ij} - \delta_i^{(k)} + \delta_j^{(k)}\right) j \neq i \tag{2.34}$$

Elemen matrik Jacobian j_4

$$\frac{\partial Q_i^{(k)}}{\partial |V_i|} = -2\left| V_i^{(k)} \right| \left| Y_{ij} \right| \sin \theta_{ij} - \boldsymbol{\Sigma}_{j \neq i} \left| V_j^{(k)} \right| \left| Y_{ij} \right| sin\left(\theta_{ij} - \delta_i^{(k)} + \delta_j^{(k)}\right) \tag{2.35}$$

$$\frac{\partial Q_i^{(k)}}{\partial |V_i|} = -\left| V_i^{(k)} \right| \left| Y_{ij} \right| \cos\left(\theta_{ij} - \delta_i^{(k)} + \delta_j^{(k)}\right) \tag{2.36}$$

Setelah nilai matrik jacobian dimasukkan kedalam persamaan (2.28) maka nilai $\Delta \delta_j^{(k)}$ dan $\Delta |V|_i^{(k)}$ dapat dicari dengan menginversikan matrik jacobian menjadi

$$\begin{bmatrix} \Delta\delta^{(k)} \\ \Delta|V|^{(k)} \end{bmatrix} = \left|\begin{bmatrix} j_1 & j_2 \\ j_3 & j_4 \end{bmatrix}\right|^{-1} \begin{bmatrix} \Delta P^{(k)} \\ \Delta Q^{(k)} \end{bmatrix} \tag{2.37}$$

Setelah nilai $\Delta\delta_i^{(k)}$ dan $\Delta|V|_i^{(k)}$ diketahui maka nilai $\Delta\delta_i^{(k+1)}$ dan $\Delta|V|_i^{(k+1)}$ dapat dicari dengan menggunakan nialai $\Delta\delta_i^{(k)}$ dan $\Delta|V|_i^{(k)}$ kedalam persamaan

$$\Delta\delta_i^{(k+1)} = \delta_i^{(k)} + \Delta\delta_i^{(k)} \tag{2.38}$$

$$\Delta|V|_i^{(k+1)} = |V|_i^{(k)} + \Delta|V|_i^{(k)} \tag{2.39}$$

Nilai dari $\Delta\delta_i^{(k+1)}$ dan $\Delta|V|_i^{(k+1)}$ adalah hasil perhitungan pada iterasi pertama dan selanjutnya digunakan kembali untuk perhitungan sampai iterasi ke-*n*

2.4. Rugi-Rugi Daya[4]

Dalam proses transmisi dan distribusi tenaga listrik seringkali dialami rugi-rugi daya yang cukup besar yang diakibatkan oleh rugi-rugi pada saluran dan juga rugi-rugi pada trafo yang digunakan. Kedua jenis rugi-rugi daya tersebut memberikan pengaruh yang besar terhadap kualitas daya serta tegangan yang dikirimkan ke sisi pelanggan. Nilai tegangan yang melebihi batas toleransi akan dapat menyebabkan tidak optimalnya kerja dari peralatan listrik di sisi konsumen. Selain itu rugi-rugi daya yang besar akan menimbulkan kerugian finansial di sisi perusahaan pengelal listrik. Berikut adalah penjelasan mengenai rugi-rugi yang terjadi pada jaringan distribusi.

Rugi-rugi saluran

Pemilihan jenis kabel yang akan digunakan pada jaringan distribusi merupakan faktor penting yang harus diperhatikan dalam perencanaan dari suatu system

tenaga listrik. Jenis kabel dengan nilai resistansi yang kecil akan dapat memperkecil rugi-rugi daya.

$$Loss = R \ x \ I^2 \tag{2.40}$$

Dimana, *Loss* = rugi-rugi pada saluran (Watt)

R= resistansi saluran per fasa (Ohm)

I= arus yang mengalur per fasa (Ampere)

rekonfigurasi jaringan distribusi dilakukan untuk meminimisasi daya kompleks sehingga didapatkan persamaan:

$$loss = R \ x \ \frac{S}{V} \tag{2.41}$$

Dimana, R = resistansi saluran (ohm)

S = Daya Kompleks (VA)

V = Tegangan (volt)

Dari persamaan di atas dengan menjabarkan daya kompleks maka didapatkan:

$$loss = R \ x \ \frac{S^2}{P^2 + JQ^2} \tag{2.42}$$

Dimana, *P* = Daya Aktif (watt)

jQ = Daya Reaktif watt)

Dalam sistem distribusi radial terdiri dari beberapa saluran yang sudah terhubung ke bus. Dengan demikian persamaan rugi-rugi yang didapat:

$$loss = \sum_{i=1}^{n-1} R_i \ x \ \left(\frac{{P_i}^2 + {Q_i}^2}{|V_i|^2}\right) \tag{2.43}$$

Pada jaringan distribusi radial, rugi-rugi total satu penyulang dinyatakan dengan:

$$P_{totalloss} = \sum_{i=1}^{n-1} P_{loss}(i, i+1) \quad (2.44)$$

Dimana $P_{loss}(i, i+1)$ menyatakan rugi-rugi satu bagian saluranyang menghubungkan bus i dan bus i+1 dinyatakan dengan:

$$P_{totalloss}(i, i+1) = R_i \, x \, \left(\frac{P_i^2 + Q_i^2}{|V_i|^2}\right) \quad (2.45)$$

Rekonfigurasi untuk meminimisasi rugi-rugi kemudian dapat dirumuskan menjadi:

$$\min(P_{totalloss}) \quad (2.46)$$

Dengan memenuhi fungsi batasan :

$$V_{i,\,min} \leq . \; V_i \leq V_{i\,max} \quad (2.47)$$

$$I_{(i,i+1)min} \leq I_{(i,i+1)max} \quad (2.48)$$

Berdasarkan persamaan diatas perhitungan aliran daya perlu diperhatikan batasan tegangan dan arus yang mengalir disaluran. menurut SPLN batas tegangan yang diizinkan adalah +5% dan -10% dari tegangan rating jaringan. Sedangkan batas arus yang mengalir untuk kabel tipe AAAC ukuran diameter 150 mm adalah 425 A, untuk diameter 70 mm adalah 255 A dan untuk diameter kabel 35 mm adalah 170 A.

2.5 Minimisasi Rugi-Rugi Saluran Dengan Metode PSO (*Particle Swarm Optimization*) [5]

Particle Swarm Optimization (PSO) adalah sebuah teknik *stochastic optimization* berdasarkan populasi yang terinspirasi oleh perilaku sosial dari pergerakan burung atau ikan (*bird flocking or fish schooling*). Teknik PSO dikemukakan oleh Russell C. Eberhart dan James Kennedy di tahun 1995.

Bersama dengan *Ant Colony Optimization* (ACO), PSO digolongkan ke dalam teknik metaheuristik optimasi *swarm intelligence* (SI) di mana prinsip sosio-psikologi yang mempengaruhi perilaku sosial makhluk hidup, diadopsi. Secara sederhana, sebuah sistem SI, yang diperkenalkan oleh Gerardo Beni dan Jing Wang di tahun 1989, terbentuk dari sebuah populasi yang terdiri dari individu-individu yang berinteraksi baik secara lokal satu sama lain maupun dengan lingkungan mereka dengan mengikuti aturan yang sangat sederhana. Akibatnya, pengetahuan setiap individu berkembang optimal melalui interaksi sosial yang terjadi. Kemampuan berpikir bukan lagi menjadi sesuatu yang hanya bersifat pribadi melainkan juga *interpersonal*. Karena itulah, orang melihat PSO, demikian pula ACO, bukan hanya sekedar sebuah alat optimasi tapi juga sebuah alat yang melambangkan sosiokognisi (*sociocognition*) dari makhluk hidup dan lingkungannya (*artificial agents*), yang berdasarkan pada prinsip sosio-psikologi.

Sebagai sebuah alat optimasi, PSO menawarkan suatu prosedur pencarian (*search procedure*) berdasarkan populasi yang di dalamnya individu-individu, yang disebut *particles*, mengubah posisi, atau *state*, mereka terhadap waktu. Mereka ‘terbang’ mengitari suatu ruang pencarian multi dimensi (*multidimensional search space*). Selama ‘penerbangan’ setiap individu menyesuaikan posisinya menurut

pengalaman pribadinya, dan menurut pengalaman individu disebelahnya, sehingga membentuk posisi terbaik yang sesuai untuk dirinya dan untuk individu disebelahnya. Jadi, algoritma PSO menggabungkan metode-metode*local search* dengan metode-metode *global search*, yang menyeimbangkan antara eksplorasi dan eksploitasi.

PSO telah sukses diterapkan di dalam berbagai bidang penelitian dan aplikasi, termasuk 'pelatihan'*Artificial Neural Networks* (ANN) dan permainan sudoku. Hal ini disebabkan karena PSO memberi hasil yang lebih baik melalui cara yang lebih cepat dan sederhana bila dibandingan dengan metode lain. Selain itu, PSO memiliki sedikit parameter untuk disesuaikan. Sehingga sebuah versi, dengan sedikit variasi, dapat bekerja dengan baik dalam banyak bentuk aplikasi, termasuk aplikasi yang spesifik dengan kebutuhan yang spesifik pula.

PSO memiliki banyak kemiripan dengan *Genetic Algorithms* (GA), di mana sistem diawali dengan suatu populasi yang terbentuk dari solusi-solusi acak (*random solutions*) kemudian sistem mencari optimalitas melalui pembaharuan generasi secara acak.

Namun demikian, PSO tidak memiliki *evolution operators*, seperti mutasi dan *crossover* (persilangan). Sebaliknya, *potential solutions*, yakni individu-individu, atau yang disebut sebagai *particles*, 'terbang' mengikuti individu-individu yang optimum saat ini (*current optimum particles*).

Setiap individu menyimpan jejak-jejak posisinya dalam *problem space*. Jejak-jejak posisi tersebut diartikan sebagai *best solution*, atau *fitness* dalam GA, yang diperolehnya sejauh ini. Nilainya, yakni *fitness value*, yang disebut *pbest*, juga turut disimpan. Selain*pbest* yang merupakan milik individu yang bersangkutan,

turut disimpan pula nilai terbaik milik individu di sekitarnya (*local best*), yang disebut *lbest*. Jika suatu individu memperhitungkan semua individu di dalam populasi di mana dia berada sebagai individu di sekitarnya, maka nilai terbaik yang dimaksud adalah nilai terbaik umum (*global best*) dan disebut *gbest*. Selanjutnya, terjadi suatu akselerasi antara lokasi *pbest* dan lokasi *lbest* dari setiap individu. Akselerasi ini diberi bobot berupa bilangan acak. Dengan demikian, mekanisme berbagi informasi (*information sharing mechanism*) yang dimiliki PSO berbeda secara signifikan dengan yang dimiliki GA. Dalam GA, setiap individu, yang disebut *chromosome*, berbagi informasi satu sama lain, sehingga keseluruhan populasi bergerak sebagai sebuah kesatuan menuju optimalitas. Dalam PSO, hanya *gbest*, atau *pbest*, yang memberi informasi kepada yang lain. Ini adalah sebuah mekanisme berbagi informasi satu arah. Proses evolusi hanya mencari solusi yang terbaik. Dengan demikian, seluruh individu, yang disebut *particle*, bergerak konvergen secara cepat ke solusi terbaik.

Optimasi rugi-rugi saluran dilakukan untuk mencari rugi-rugi saluran yang paling kecil. Persamaan yang digunakan untuk melakukan optimasi rugi-rugi adalah:

$$\text{Minimisasi } \sum_{i=1}^{n} F_I\,(P_{loss_i}) \tag{2.49}$$

$F_I\,(P_{loss_i})$ merupakan fungsi rugi-rugi daya untuk konfigurasi ke ‘i’’.

Fungsi objektif untuk minimisasi rugi-rugi menggunakan PSO sebagai berikut:

$$F_I(P_{loss_i}) = \sum_{i=1}^{n-1} R_i\ \left(\frac{P_i^2+Q_i^2}{V_i^2}\right) \tag{2.50}$$

2.6. *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO)[6]

Particle Swarm Optimization (PSO) adalah salah satu metode optimisasi berdasarkan konsep kumpulan yang cerdas. Penyelesaian yang mungkin untuk setiap masalah dapat direpresentasikan sebagai suatu partikel. Setiap partikel mempunyai suatu nilai kemampuan yang dievaluasi oleh fungsi kemampuan untuk memilih suatu pengalaman yang baik untuk dirinya sendiri dan kelompok. Populasi partikel diawali secara acak. Suatu partikel merubah arah pencariannya didasarkan atas dua nilai atau pengalaman pada setiap iterasi. Yang pertama pengalaman pencarian yang terbaik dari setiap individu yang disebut dengan *pbest*.Yang lain adalah hasil yang diperoleh oleh seluruh partikel pada populasi dan disebut *gbest*. Bila *pbest* dan *gbest* diperoleh, partikel memperbaharui kecepatan dan posisinya didasarkan pada:

$$\begin{aligned} v_{id}^{new} &= w v_{id} + c_i \times rand() \times \left(pbest - x_{id} \right) \\ &+ c_2 \times rand() \times \left(gbest - x_{id} \right) \end{aligned} \tag{2.51}$$

$$x_{id}^{new} = x_{id} + v_{id}^{new} \tag{2.52}$$

dimana v_{id} adalah kecepatan awal dari partikel ke-i, v_{id}^{new} adalah kecepatan baru dari partikel ke-*i*, *w* adalah bobot inersia, c_1 dan c_2 adalah konstanta percepatan, x_{id} adalah posisi awal dari partikel *i*, x_{id}^{new} adalah posisi baru dari partikel *i* dan *rand*() adalah bilangan acak antara 0 dan 1.

Algoritma BPSO didisain untuk menyelesaikan masalah optimisasi secara kombinasi yang diskrit, dimana partikel mengambil nilai vektor biner dengan panjang n dan kecepatan yang didefinisikan sebagai probabilitas dari bit x_n untuk mencapai nilai 1. BPSO membalikkan rumus untuk kecepatan bila kecepatan

dibatasi pada interval [0,1] dengan membatasi fungsi transformasi dan dengan menggunakan fungsi sigmoid yakni,

$$S\left(V_{id}^{k+1}\right) = \frac{1}{\exp\left(-V_{id}^{k+1}\right)} \tag{2.53}$$

Rumus iterasi untuk posisi partikel adalah sebagai berikut:

$$x_{id}^{k+1} = \begin{cases} 1, rand(\ ) < S\left(V_{id}^{k+1}\right) \\ 0, lainnya \end{cases} \tag{2.54}$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari bulan Agustus s.d. Desember 2014 dan bertempat di Laboratorium Sistem Tenaga Listrik Universitas Lampung.Sedangkan, pengambilan data direncanakan dilakukan di PT PLN (Persero).

3.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan untuk membantu pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Satubuah Laptop/PC.
2. Perangkat lunak Matlab[7]dan Matpower[8].
3. Data dari PT PLN (Persero)[2].

3.3. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapatahapan, yaitusebagaiberikut:

3.3.1. Mengidentifikasi Masalah

Di tahap ini penulis mengidentifikasi permasalahan yang terdapat disistem tenaga listrik. Dalam tugas akhir ini penulis mengangkat permasalahan tentang rekonfigurasi jaringan distribusi disistem tenaga listrik wilayah Lampung.

3.3.2. Studi Literatur

Ini merupakan tahapan dimana penulis mengumpulkan dan mempelajari tentang rekonfigurasi jaringan distribusi. Selanjutnya literatur–literatur tersebut digunakan untuk dasar dalam mengerjakan tugas akhir ini.

3.3.3. Pengumpulan Data

Langkah selanjutnya yang dilakukan penulis adalah mengumpulkan data–data yang diperlukan dalam penulisan tugas akhir ini. Data–data yang dikumpulkan berasal dari PT PLN (Persero)[2]. Data yang dikumpulkan tersebut adalah:

1. Data Jaringan Distribusi pada penyulang Badai.
2. Data Beban.

3.3.4. Simulasi Aliran Daya di Jaringan Distribusi 20kV pada Penyulang Badai

Penelitian tahap berikutnya berlanjut ke proses simulasi. Data–data yang telah terkumpul sebelumnya dilakukan perhitungan dengan

menggunakan perangkat lunak Matlab[7] dengan program perhitungan aliran daya dan rugi-rugimenggunakan perangkat lunak Matpower[8].

3.3.5. Simulasi Rekonfigurasi Jaringan Dengan Metode BPSO

Dalam rekonfigurasi jaringan perlu diperhatikan batasan-batasan arus yang mengalir disaluran dan tegangan pada jaringan, yang dapat didefinisikan menjadi :

$V_{i,\,min} \leq . V_i \leq V_{i\,max}$

$I_{(i,i+1)min} \leq I_{(i,i+1)max}$

Rekonfigurasi dilakukan dengan memutus saluran yang ada kemudian menggatinya dengan saluran yang baru.Tujuannya adalah meminimisasi rugi-rugi daya. Untuk melakukan minimisasi rugi-rugi hal yang dilakukan adalah membuat fungsi objektif rugi-rugi yaitu:

$$P_{totalloss}(i, i+1) = R_i \, x \, \left(\frac{P_i^{\,2} + Q_i^{\,2}}{|V_i|^2}\right)$$

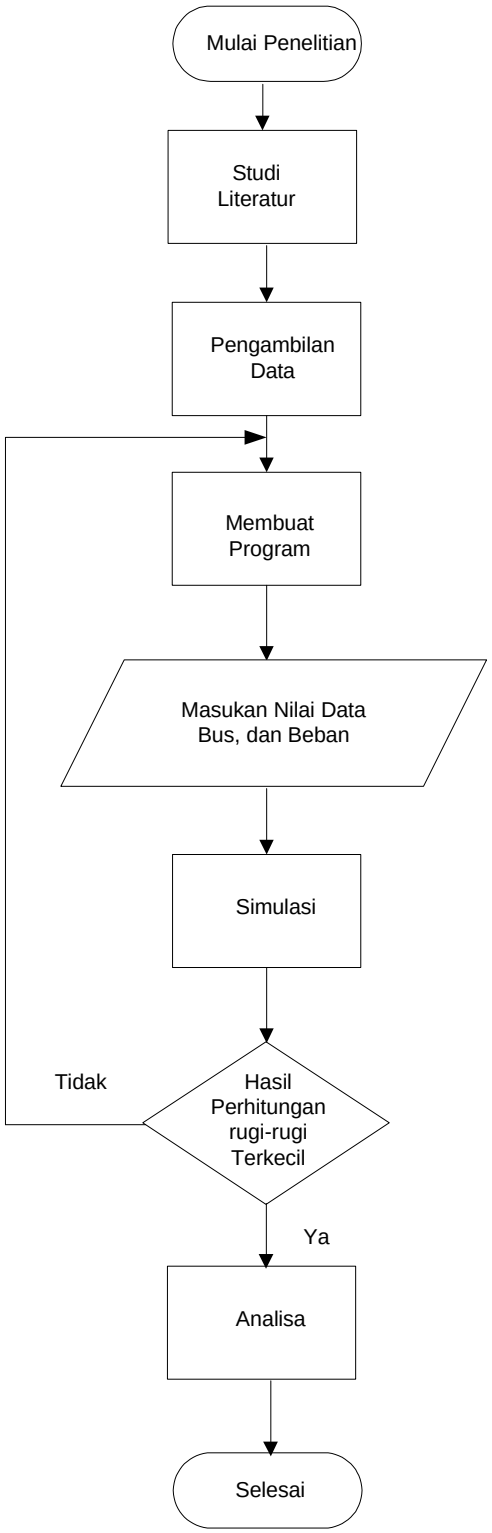
3.3.6. Menganalisa hasil yang didapat

Pada tahap ini dilakukan analisa dari hasil simulasi yang dilakukan pada penelitian rekonfigurasi jaringan.

3.3.7. Membuat kesimpulan dari hasil penelitian

Tahapan akhir dari penelitian ini adalah membuat kesimpulan berdasarkan hasil analisis pada rekonfigurasi jaringan distribusi 20 kv pada penyulang Badai.

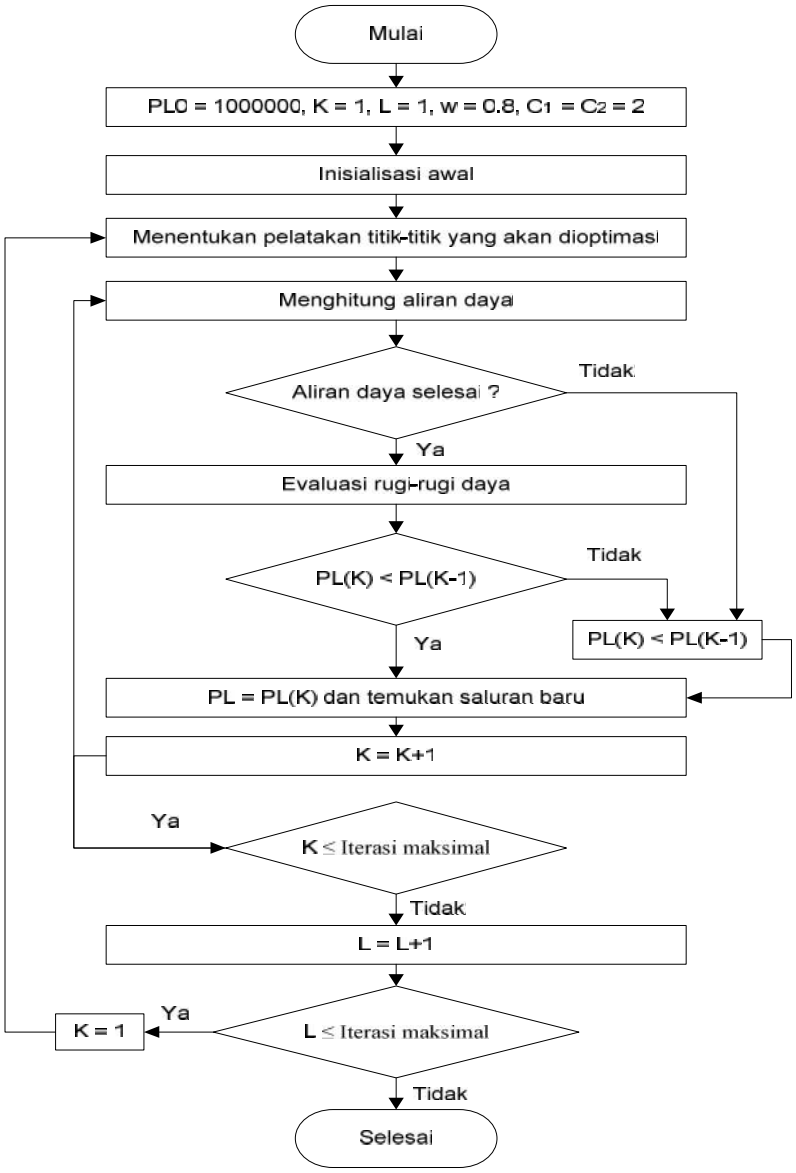
3.4. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1.Diagram AlirPenelitian

3.5. Diagram Alir Program

Simulasi rekonfigurasi jaringan distribusi penyulang basai dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB[] dengan Program perhitungan aliran daya dan rugi-rugi menggunakan perangkat lunak Matpower. Bagan Alir pemrograman ditunjukan pada gambar 1



Gambar 3.2.Diagram Alir Program

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Simpulan yang dapat diambil setelah melakukan penelitian tentang minimisasi rugi-rugi di penyulang Badai Gardu Induk Teluk Betung adalah sebagai berikut:

1. Metode *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO) dapat digunakan sebagai metode untuk meminimisasi rugi-rugi daya aktif pada jaringan distribusi.
2. Dengan metode BPSO menggunakan iterasi 500, dimensi 5, dan jumlah partikel 22 total rugi-rugi daya aktif yang dapat diminimisasi pada jaringan distribusi Penyulang Badai Gardu Induk Teluk Betung adalah sebesar 72,217 kW atau 25,5136% dari total rugi-rugi awal yaitu 283,0515 kW.
3. Untuk mendapatkan minimisasi rugi-rugi sebesar 72,217 kW perlu memasang saklar penghubung di saluran nomor 9, 28, 33, 35, dan 56 yang terletak di sekitaran daerah Kaliawi, Bandar Lampung.
4. Proses pencarian saklar penghubung untuk jaringan distribusi baru yang paling efektif dengan metode BPSO dilakukan pada partikel-partikel di dalam lup-lup dimensi dan terbukti dengan menambah jumlah partikel sampai 54 partikel (total partikel di jaringan) memiliki hasil yang sama dengan jumlah partikel 22 (jumlah partikel dalam lup).

5. Simulasi minimisasi rugi-rugi dengan metode BPSO paling efektif dengan meletakkan saklar penghubung di dalam koordinat sesuai dengan asumsi awal. Ini terbukti dengan hasil, dimana pengurangan rugi-rugi dengan koordinat didalam adalah 25,5136%, dua di dalam dan tiga diluar 25,361%, tiga didalam dua di luar 25,361% serta semua diluar adalah 25,09%

5.2. Saran

Saran yang dapat diambil setelah dilakukan penelitian minimisasi rugi-rugi pada penyulang Badai di Gardu Induk Teluk Betung adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan hasil minimisasi rugi-rugi yang baik perlu dicari opsi penambahan dimensi sebagai lup sehingga memungkinkan didapat nilai pengurangan rugi-rugi yang lebih baik.
2. Untuk penelitian berikutnya dapat dilakukan rekonfigurasi pada seluruh penyulang di Gardu Induk Teluk Betung agar rugi-rugi total di jaringan yang dilayani semakin kecil.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

[1] Khalil, Tamer M. and Alexander V. Gorvinich, 2012. "Reconfiguration for Loss Optimization." *International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering*, vol. 3, pp. 16-21.

[2] PT PLN (Persero). 1985. *SPLN no. 1 Tahun 1985 tentang Regulasi Tegangan.* Jakarta.

[3] Saadat, Hadi. 1999. *Power Sistem Analysis*. Singapore : McGrow-Hill.

[4] Wood, Allen J. Bruce F. Wollenberg, 1996. *Power Generation Operation and Control*. John Wiley & Sons : Canada.

[5] Rudnick, Hugh, Ildefonso Harnisch and, Raul Sanhueza. 1997. "Reconfiguration of Elektric Distribution System." *Revista Facultad deIngenieria*, vol. 4, pp. 41-48

[6] Wu, Wu-Chang, and Men-Shen Tsai. 2008. Feeder Reconfiguration Using Binary Coding Particle Swarm Optimization." *International Journal of Control, Automation, and Systems*, vol. 6, pp. 488-494.

[7] *MATLAB 7.12.0.635 (R2011a) User Guide*, www.mathwork.com, 2011

[8] Zimmerman, R.D., Murillo Sanchez, C.E. and Thomas, R.J., *Matpower: Steady-Stade Operations, Planning and Analysis Tools for Power*

Systems Research and Education, IEEE Trans. On Power Systems, vol.26, no.1, pp.12-19 2011.