



TUGAS AKHIR - TE141599

**REKONFIGURASI JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL UNTUK
MINIMISASI RUGI DAYA MENGGUNAKAN *BINARY
PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* (BPSO)**

Niken Adriaty Basyarach
NRP 2213106019

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.
Dr. Ir. Soedibjo, M.MT.

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



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TE 141599

***RECONFIGURATION OF RADIAL DISTRIBUTION NETWORK TO
MINIMIZE LOSSES USING BINARY PARTICLE SWARM
OPTMIZATION (BPSO)***

Niken Adriaty Basyarach
NRP 2213106019

Advisor
Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.
Dr. Ir. Soediby, M.MT.

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

**REKONFIGURASI JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL UNTUK
MINIMISASI RUGI DAYA MENGGUNAKAN *BINARY PARTICLE
SWARM OPTIMIZATION (BPSO)***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada**

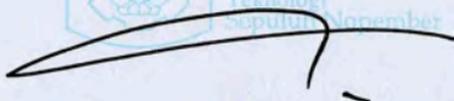
**Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I



Dosen Pembimbing II



Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, Msc, Ph.D.
NIP. 19490751974121001

Dr. Ir. Soedibjo, M.MT.
NIP.195512071980031004



Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Radial Untuk Minimisasi Rugi Daya Menggunakan *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO)

Nama Mahasiswa : Niken Adriaty Basyarach
NRP : 2213106019
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.sc., Ph.D.
Dr. Ir. Soedibjo, M.MT.

ABSTRAK

Pada tugas akhir ini dibahas tentang permasalahan rekonfigurasi jaringan distribusi radial yang bertujuan untuk minimisasi rugi – rugi daya listrik. Rekonfigurasi jaringan distribusi yaitu mengatur ulang konfigurasi jaringan dengan jalan membuka dan menutup *switch* yang terdapat pada jaringan distribusi untuk mengurangi rugi –rugi daya pada jaringan distribusi, sehingga efisiensi daya listrik yang disalurkan meningkat dan konsumen dapat dilayani dengan baik. Analisa dengan metode *binary particle swarm optimization* (BPSO) digunakan untuk menunjukkan konfigurasi baru yang optimal dengan rugi – rugi daya listrik minimum. Setelah melakukan simulasi *binary particle swarm optimization* (BPSO) dengan menggunakan software Java Eclipse, pada konfigurasi optimal didapatkan penurunan rugi – rugi daya listrik dari kondisi 382.8099 kW menjadi 274.0101 kW.

Kata Kunci : Rekonfigurasi, Rugi –rugi daya, BPSO.

***Reconfiguration of Radial Distribution Network to Minimize Losses
Using Binary Particle Swarm Optimization (BPSO)***

Nama Mahasiswa : Niken Adriaty Basyarach
NRP : 2213106019
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.sc., Ph.D.
Dr. Ir. Soedibjo, M.MT.

ABSTRACT

In this final project is discussed about the problems reconfiguration of radial distribution network to minimize losses. Reconfiguration of the distribution network is one way to optimize powerflow by opening and closing the switches found on the distribution network. So that the efficiency of the electrical power supplied increases and consumers can be well served . Analysis by the method of binary particle swarm optimization (BPSO) is used to indicate the new optimal configuration with the minimal losses. After simulating binary particle swarm optimization (BPSO) using Java Eclipse software, the optimal configuration is obtained minimal losses that decrease the electric power loss from the condition 382.8099 kW becomes 274.0101 kW .

Keywords: Reconfiguration, losses, BPSO.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang mana atas rahmat dan hidayah-Nya maka penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul :

“REKONFIGURASI JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL UNTUK MINIMISASI RUGI DAYA MENGGUNAKAN BINARY PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (BPSO)”

Tugas Akhir ini merupakan karya tulis ilmiah yang menjadi salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar sarjana teknik pada bidang studi Teknik Sistem Tenaga, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang banyak membantu terutama dalam penyusunan Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Kedua orang tua atas limpahan doa, kasih sayang, dan teladan hidup bagi penulis.
2. Bapak Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D. dan Bapak Dr. Ir. Soedibjo, M.MT. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan saran serta bimbingan.
3. Seluruh dosen dan administrasi Jurusan Teknik Elektro ITS.
4. Seluruh teman – teman tim GIS, teman teman laboratorium B103 dan rekan Teknik Sistem Tenaga LJ-2013 genap atas kebersamaannya, dukungan, semangat, bantuan dan kerjasamanya selama ini.
5. Seluruh keluarga besar Teknik Elektro ITS.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan Tugas Akhir ini belum sempurna. Kritik dan saran pembaca diharapkan mampu memperbaiki kekurangan penulis dalam pembuatan laporan ini. Semoga terselesaikannya Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis serta pembaca secara luas. Terima kasih.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

--- Halaman ini sengaja dikosongkan ---

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Jurusan	iii
Abstrak	v
<i>Abstract</i>	vii
Kata Pengantar	ix
Daftar Isi	xi
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel	xv

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah	1
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Metodologi	2
1.6 Sistematika Penulisan	2
1.7 Relevansi	3

BAB II. SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI

2.1 Sistem Penyaluran Tenaga Listrik	5
2.1.1 Sistem Distribusi Radial	6
2.1.2 Jaringan Distribusi Radial	6
2.1.1.1 Sistem Radial Pohon	8
2.1.1.2 Sistem Radial dengan <i>Tie</i> dan <i>Switch</i> Pemisah	8
2.1.3 Jaringan Lingkarann (Loop)	10
2.1.4 Jaringan <i>Spindel</i>	11
2.1.5 Jaringan Sistem Gugus atau <i>Cluster</i>	12
2.1.6 Jaringan Distribusi Jaring-Jaring (NET)	13
2.2 Analisis Aliran Daya	13
2.3 Aliran Daya pada Sistem Distribusi Radial	14
2.4 Rugi pada Saluran Distribusi	16

BAB III. REKONFIGURASI DAN ALGORITMA BPSO

3.1 Pengertian Rekonfigurasi Jaringan Distribusi	19
3.1.1 <i>Particle Swarm Optimization</i>	20

3.1.2	<i>Binary Particle Swarm Optimization</i>	22
3.2	Data Sistem 16-Bus Radial	22
3.3	Penggunaan BPSO untuk Rekonfigurasi Jaringan Distribusi 16-Bus	25
 BAB IV. SIMULASI & ANALISIS		
4.1	Hasil Simulasi Radial 16 Bus Sebelum Rekonfigurasi	28
4.2	Hasil Simulasi Sistem Radial 16 Bus Setelah Rekonfigurasi Menggunakan BPSO	29
4.3	Analisa Hasil Simulasi	33
 BAB V. PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	35
5.2	Saran	35
 DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		A - 1
BIODATA PENULIS		B - 1

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik	5
Gambar 2.2 Jaringan Distribusi Radial Sederhana	7
Gambar 2.3 Jaringan Radial Tipe Pohon	7
Gambar 2.4 Konfigurasi Jaringan Radial dengan <i>Tie&Switch</i> Pemisah	9
Gambar 2.5 Jaringan Radial Tipe Pusat Beban	9
Gambar 2.6 Jaringan Radial Tipe <i>Phase Area</i>	10
Gambar 2.7 Konfigurasi Jaringan <i>Loop</i>	11
Gambar 2.8 Konfigurasi Jaringan <i>Spindel</i>	11
Gambar 2.9 Konfigurasi Jaringan <i>Cluster</i>	12
Gambar 2.10 Jaringan Distribusi <i>Net</i>	13
Gambar 2.11 <i>Single Line Diagram</i> Contoh Jaringan Distribusi Radial	14
Gambar 3.1 Konfigurasi Jaringan Distribusi IEEE 16-Bus Sebelum Rekonfigurasi	23
Gambar 3.2 Diagram Alir Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Menggunakan BPSO	26
Gambar 4.1 Jaringan Sistem Konfigurasi Awal	27
Gambar 4.2 Profil Tegangan Sistem IEEE 16 Bus Sebelum Rekonfigurasi	29
Gambar 4.3 Jaringan Sistem setelah di Rekonfigurasi	30
Gambar 4.4 Profil Tegangan Sistem IEEE 16-Bus Setelah Rekonfigurasi	32
Gambar 4.5 Profil Tegangan Sistem IEEE 16 Bus dari Hasil Simulasi yang Dilakukan	33

--- Halaman ini sengaja dikosongkan ---

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Data Saluran pada Sistem Distribusi 16-Bus.....	23
Tabel 3.2 Data Beban pada Sistem Distribusi 16-Bus.....	24
Tabel 4.1 Tegangan Sistem 16-Bus Sebelum Rekonfigurasi	28
Tabel 4.2 Tegangan Sistem 16-Bus Setelah Rekonfigurasi	31
Tabel 4.3 Hasil Simulasi yang Dilakukan Menggunakan Java Eclipse.....	34

--- Halaman ini sengaja dikosongkan ---

BAB 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. 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. Rugi - rugi daya pada jaringan distribusi tersebut dapat dikurangi dengan cara melakukan rekonfigurasi jaringan distribusi. Rekonfigurasi jaringan distribusi ini dilakukan dengan cara mengubah struktur topologi jaringan distribusi melalui pembukaan dan penutupan dari *normally close* dan *normally open switches* pada sistem distribusi.

Permasalahan konfigurasi jaringan listrik dengan rugi-rugi daya terendah ini akan diselesaikan dengan memodelkan ke dalam metode BPSO (*Binary Particle Swarm Optimization*). Dengan metode ini diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan dan dapat mengoptimasi fungsi obyektif tersebut secara cepat serta akurat dan hasilnya dapat dijadikan sebagai acuan dalam penentuan konfigurasi jaringan yang optimal dengan rugi-rugi terendah.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana menghitung aliran daya jaringan distribusi radial dengan menggunakan *software* Java Eclipse.
2. Bagaimana mendapatkan konfigurasi jaringan yang mempunyai *losses* minimal dengan menggunakan *Binary Particle Swarm Optimization* pada *software* Java Eclipse.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini menggunakan sistem IEEE 16 bus dengan tegangan sistem 23 kV.

2. Jaringan distribusi yang ada merupakan jaringan distribusi yang masih bisa diminimisasi rugi dayanya.
3. Metode yang digunakan adalah *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO).
4. *Software* yang digunakan adalah Java Eclipse.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan konfigurasi jaringan distribusi yang optimal menggunakan *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO).
2. Meminimalkan *losses* pada jaringan distribusi radial.

1.5 Metodologi

Metodologi yang digunakan pada penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan dasar teori yang menunjang dalam penulisan Tugas Akhir. Dasar teori ini dapat diambil dari buku-buku, jurnal, *proceeding*, dan artikel-artikel di internet.

2. Pengumpulan Data

Setelah mempelajari literatur yang ada maka dilakukan pengumpulan data-data seperti data impedansi saluran, data tegangan bus, data pembebanan, dan lain sebagainya yang mendukung penyelesaian Tugas Akhir.

3. Simulasi Sistem

Sistem yang akan diuji pada Tugas Akhir ini adalah sistem IEEE 16 Bus dimana menggunakan *software* Java Eclipse.

4. Analisa dan Perhitungan

Sistem yang telah disimulasikan akan dilakukan analisa sesuai teori yang ada.

5. Penarikan Kesimpulan

Kesimpulan dapat ditarik berdasarkan hasil simulasi dan analisa.

1.6 Sistematika Penulisan

BABI : PENDAHULUAN

Pendahuluan membahas latar belakang, pengambilan judul, permasalahan, tujuan, metode penelitian, dan sistematika dari penulisan Tugas Akhir ini.

BAB II : SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI

- BAB III : REKONFIGURASI DAN ALGORITMA BPSO**
Pembahasan teori dan penerapan tentang algoritma *Binary Particle Swarm Optimization* serta rekonfigurasi.
- BAB IV : ANALISA REKONFIGURASI JARINGAN DISTRIBUSI**
Analisa dan simulasi rekonfigurasi sistem jaringan distribusi.
- BAB V : KESIMPULAN**
Kesimpulan dan saran yang didapat dari penulisan Tugas Akhir ini.

1.7 Relevansi

Dengan penulisan Tugas Akhir ini diharapkan memberi masukan untuk penelitian selanjutnya mengenai rekonfigurasi sistem jaringan distribusi pada suatu sistem tenaga listrik yang bertujuan untuk mengurangi rugi – rugi jaringan.

--- Halaman ini sengaja dikosongkan ---

BAB II SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI

Pada bab ini, dijelaskan dasar teori yang mendasari pembuatan dan teori yang digunakan dalam penelitian ini. Berikut ini adalah penjelasan dasar teorinya.

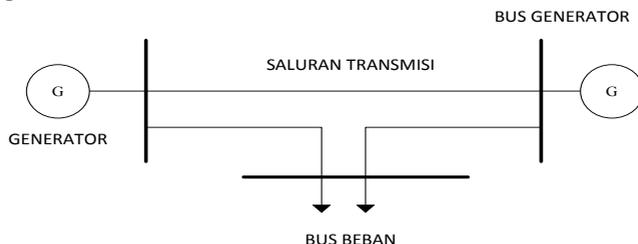
2.1 Sistem Penyaluran Tenaga Listrik

Energi listrik merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi masyarakat. Pembangkit tenaga listrik dalam skala besar diperluakn untuk memenuhi kebutuhan energi yang semakin lama semakin meningkat. Umumnya pusat pembangkit ini berada jauh dari pusat – pusat beban. Sehingga saluran dibutuhkan untuk menyalurkan tenaga listrik. Ada 2 jenis saluran yaitu saluran transmisi dan saluran distribusi.

Secara umum suatu sistem tenaga listrik dapat dikategorikan dalam empat bagian utama, yaitu sebagai berikut :

- Pembangkitan
- Transmisi
- Distribusi
- Beban

Pembangkitan adalah bagian dalam sistem tenaga listrik yang menghasilkan daya listrik untuk kemudian daya listrik tersebut dialirkan melalui sistem transmisi [5]. Sistem transmisi berfungsi menyalurkan daya listrik dari pembangkitan menuju ke sistem distribusi beban. Kemudian, sistem distribusi membagi – bagikan daya listrik dari sistem tranmisi menuju ke beban – beban listrik sesuai dengan permintaan daya dari konsumen. Beban adalah komponen sistem tenaga listrik yang mengkonsumsi daya listrik[6]. Contoh gambar sistem tenaga listrik dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik

Suatu sistem tenaga listrik skala besar terdiri atas ratusan titik dan cabang dengan nilai impedansi tertentu yang dinyatakan dalam per unit MVA *base*. Persamaan sistem dapat dirumuskan secara sistematis dalam bentuk yang bermacam – macam. Umumnya, metode titik tegangan adalah metode yang paling cocok dan sering digunakan dalam berbagai analisis aliran daya. Saat arus titik tersebut ditentukan, maka persamaan tersebut dapat diselesaikan menggunakan nilai tegangan titiknya.

2.1.1 Sistem Distribusi

Sistem distribusi merupakan jaringan yang langsung terhubung dengan beban. Tenaga listrik dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik besar dengan tegangan yang berkisar antara 11 kV sampai 24 kV. Tegangan listrik ini dinaikkan menjadi 70 kV, 154 kV, 220 kV atau 500 kV dengan transformator penaik tegangan pada gardu induk untuk kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tegangan ini dinaikkan dengan tujuan memperkecil kerugian daya pada saluran transmisi. Pada saluran distribusi primer, tenaga listrik disalurkan pada tegangan 20 kV yang diambil dari saluran transmisi dan diturunkan dengan transformator penurunan tegangan. Gardu distribusi mengambil tegangan listrik dari saluran distribusi primer untuk diturunkan menjadi 220/380 V dan selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen.

Sistem distribusi primer dapat menggunakan saluran udara, kabel udara, maupun kabel tanah sesuai kondisi lingkungan serta keandalan yang diinginkan. Terdapat bermacam- macam bentuk rangkaian jaringan distribusi primer. Secara umum jaringan sistem distribusi primer diklasifikasikan sebagai berikut[1] :

2.1.2 Jaringan Distribusi Radial

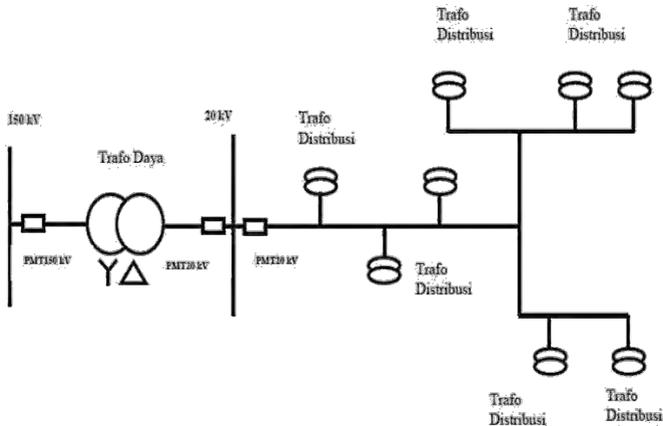
Sistem radial merupakan bentuk dasar yang paling sederhana dan paling banyak digunakan. Dibandingkan dengan sistem yang lainnya, sistem radial memiliki sifat khusus yang dapat dimanfaatkan untuk mempermudah pemecahan masalah – masalah dalam menganalisis jaringan radial. Sistem radial hanya memiliki satu bus sebagai sumber daya. Dan bus – bus lainnya dalam jaringan merupakan bus beban, berarti bahwa seluruh bus dalam sistem jaringan akan mempunyai arus injeksi. Untuk jaringan distribusi hantaran udara tegangan menengah (SUTM), pada umumnya saluran relative pendek dan efek kapasitansi saluran dapat diabaikan, sehingga saluran dapat direpresentasikan sebagai impedansi seri[2].

Sifat khusus lain dari sistem radial ini adalah adanya beberapa saklar yang dipasang sepanjang penyulang. Hal ini dimaksudkan untuk melokalisir daerah padam bila terjadi gangguan. Selain itu dapat dijadikan sarana untuk melakukan konfigurasi ulang dengan membuka dan atau menutup saklar - saklar. Sehingga dapat memperbaiki pelayanan konsumen yang berada di ujung jaringan.

Keuntungan dari sistem ini adalah sistem ini tidak rumit dan lebih murah dibanding dengan sistem yang lain. Namun keandalan sistem ini lebih rendah dibanding sistem yang lain. Kurangnya keandalan disebabkan karena tegangan pada gardu distribusi yang paling ujung kurang baik dikarenakan drop tegangan terbesar ada di ujung saluran. Kerugian lain yaitu hanya terdapat satu jalur utama yang memasok gardu distribusi, jika jalur utama tersebut mengalami gangguan maka seluruh gardu akan ikut padam.

Sistem distribusi radial ini mempunyai beberapa bentuk modifikasi, antara lain :

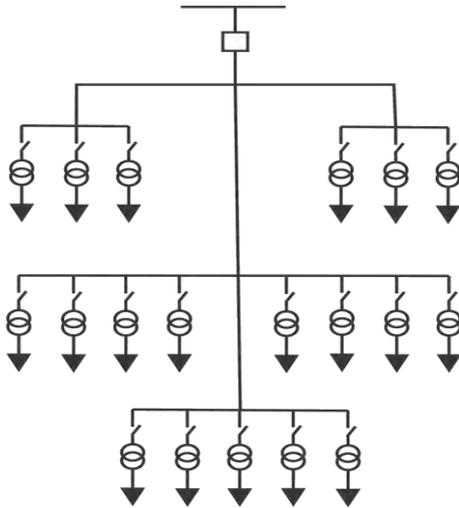
1. Sistem Radial Pohon
2. Sistem Radial dengan *Tie* dan *Switch* Pemisah



Gambar 2.2 Jaringan Distribusi Radial Sederhana

2.1.1.1 Sistem Radial Pohon

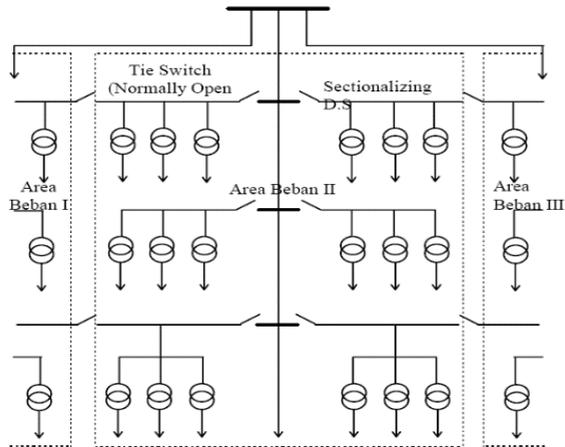
Sistem jaringan radial pohon ini merupakan bentuk yang paling dasar dari sistem jaringan radial. Saluran utama (*main feeder*) ditarik dari suatu Gardu Induk sesuai dengan kebutuhan kemudian dicabangkan melalui saluran cabang (*lateral feeder*), selanjutnya dicabangkan lagi melalui saluran anak cabang (*sub lateral feeder*). Ukuran dari masing – masing saluran tergantung dari kerapatan arus yang ditanggung. Dari Gambar 2.3. terlihat bahwa *main feeder* merupakan saluran yang dialiri arus terbesar , selanjutnya arus ini mengecil pada tiap cabang tergantung dari besar beban.



Gambar 2.3 Jaringan Radial Tipe Pohon

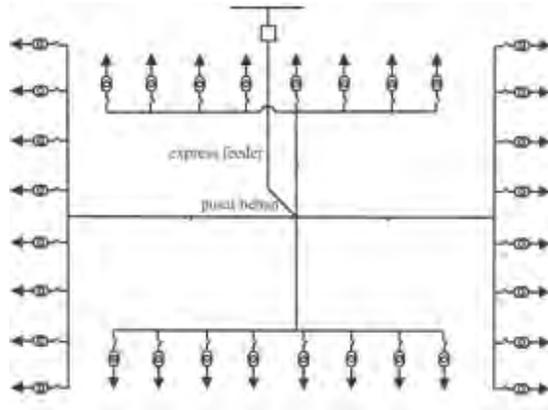
2.1.1.2 Sistem Radial dengan Tie dan Switch Pemisah

Sistem ini merupakan pengembangan dari sistem radial pohon, untuk meningkatkan keandalan sistem saat terjadi gangguan maka *feeder* yang terganggu akan dilokalisir sedangkan area yang semula dilayani *feeder* tersebut pelayanannya dialihkan pada *feeder* yang sehat atau yang tidak terganggu[4]. Sistem radial dengan *tie* dan *switch* pemisah dapat dilihat pada Gambar 2.4.



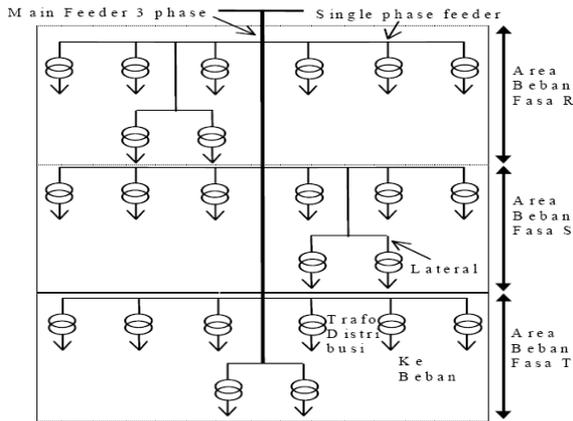
Gambar 2.4 Konfigurasi Jaringan Radial dengan *Tie & Switch* Pemisah

Jaringan radial tipe pusat beban pada Gambar 2.5. Bentuk ini mencatu daya dengan menggunakan penyulang utama (*main feeder*) yang disebut *express feeder* langsung ke pusat beban, dan dari titik pusat beban ini disebar dengan menggunakan *back feeder* secara radial.



Gambar 2.5 Jaringan Radial Tipe Pusat Beban

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



Gambar 2.6 Jaringan Radial Tipe *Phase Area*

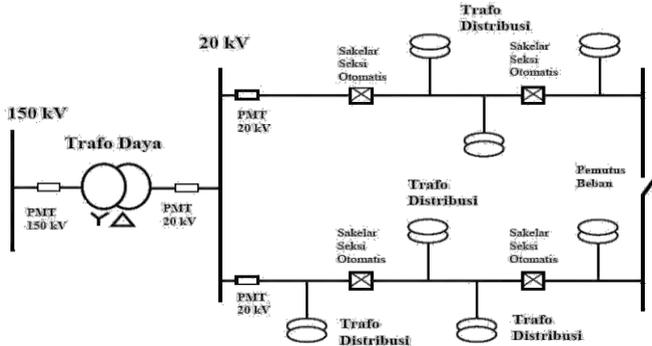
2.1.3 Jaringan Lingkaran (*Loop*)

Jaringan *loop* atau lingkaran ini antar penyulang saling berhubungan dengan diberi pembatas. Kemudahan untuk merelokasi apabila terjadi gangguan di salah satu penyulang. Pemasokan dari beberapa gardu induk pada jaringan tegangan menengah struktur lingkaran (*loop*) dimungkinkan untuk mendapatkan tingkat keandalan lebih baik, ditunjukkan pada Gambar 2.7.

Bentuk *loop* ini ada 2 macam, yaitu:

1. Bentuk open loop :
Bila dilengkapi dengan normally-open switch, dalam keadaan normal rangkaian selalu terbuka.
2. Bentuk close loop :

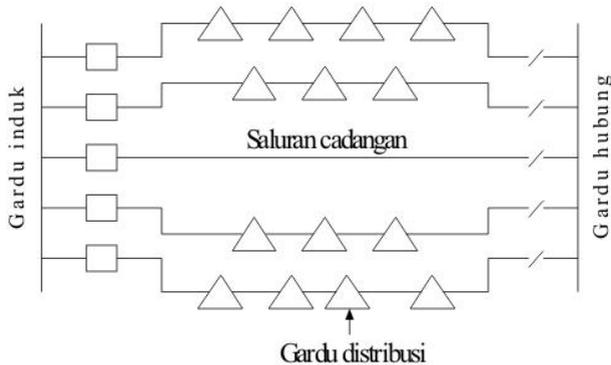
Bila dilengkapi dengan normally-close switch, yang dalam keadaan normal rangkaian selalu tertutup.



Gambar 2.7 Konfigurasi Jaringan *Loop*

2.1.4 Jaringan *Spindel*

Jaringan spindle adalah suatu pola kombinasi jaringan dari pola radial dan *ring*. *Spindel* terdiri dari beberapa penyulang yang tegangannya diberikan dari Gardu Induk dan tegangan tersebut berakhir pada sebuah Gardu Hubung (GH). Ditunjukkan pada Gambar 2.8.



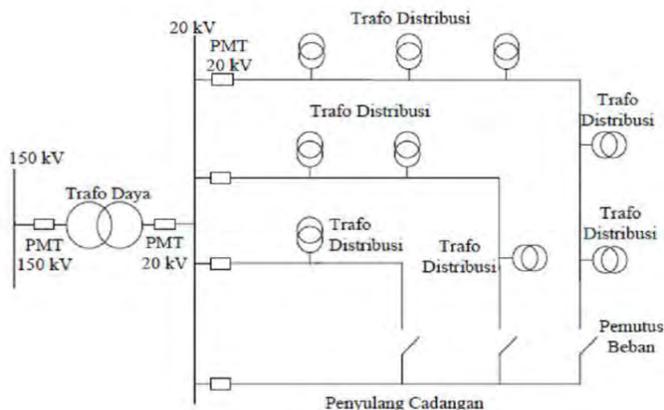
Gambar 2.8 Konfigurasi Jaringan *Spindel*

Pola *spindel* biasanya digunakan pada jaringan tegangan menengah yang menggunakan saluran kabel tanah (SKTM). Jaringan *spindle* ini terdiri dari beberapa penyulang aktif dan sebuah penyulang cadangan (*express*) yang akan dihubungkan melalui gardu hubung. Penyulang cadangan dimaksudkan untuk menjadi cadangan bila terjadi gangguan pada penyulang aktif (berbeban), maka penyulang *express* tersebut berfungsi menggantikan peran dari penyulang yang terganggu.

Di dalam sebuah penyulang aktif terdiri dari gardu distribusi yang berfungsi untuk mendistribusikan tegangan kepada konsumen baik konsumen tegangan menengah atau tegangan rendah. Namun pada pengoperasiannya, sistem jaringan *spindel* berfungsi sebagai sistem radial.

2.1.5 Jaringan Sistem Gugus atau Cluster

Dalam sistem ini terdapat saklar pemutus beban dan penyulang cadangan. Sistem ini banyak digunakan untuk kota besar yang mempunyai kerapatan beban yang tinggi. Konfigurasi gugus ditunjukkan pada Gambar 2.9.

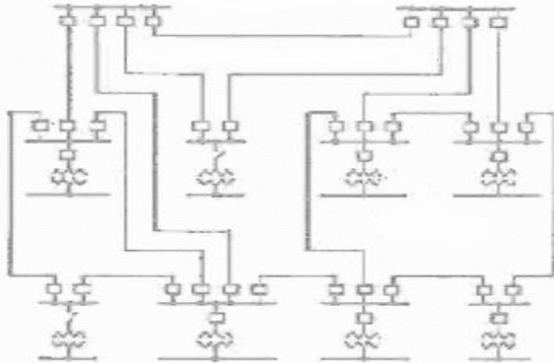


Gambar 2.9 Konfigurasi Jaringan *Cluster*

Penyulang cadangan ini berfungsi untuk menggantikan penyulang konsumen apabila terjadi gangguan pada penyulang konsumen, maka penyulang cadangan inilah yang berfungsi untuk suplai ke konsumen. (PLN Persero,2010).

2.1.6 Jaringan Distribusi Jaring-Jaring (NET)

Jaringan distribusi jaring-jaring pada Gambar 2.10. merupakan gabungan dari beberapa saluran distribusi tipe *loop*, dimana pada sistem terdapat lebih satu sumber sehingga berbentuk saluran interkoneksi. Jaringan ini mempunyai bentuk seperti jaring-jaring, kombinasi antara radial dan loop. Titik beban memiliki lebih banyak alternatif saluran/penyulang, sehingga bila salah satu penyulang terganggu, dengan segera penyulang yang lain dapat menggantikan. Dengan demikian kontinuitas penyaluran daya sangat terjamin.



Gambar 2.10 Jaringan Distribusi *Net*

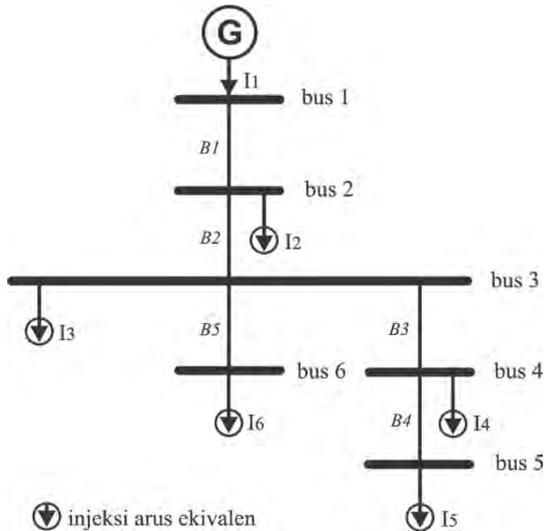
2.2 Analisis Aliran Daya

Analisa aliran daya pada sebuah sistem tenaga listrik berguna untuk menghitung beberapa parameter yang penting antara lain arus, tegangan, daya dan *losses*. Beberapa metode analisa aliran daya seperti *Gaus-Seidel*, *Newton-Raphson* dan *Fast Decoupled* telah terbukti akurat untuk perhitungan analisis aliran daya pada sistem transmisi. Penggunaan metode – metode tersebut pada sistem distribusi dapat memberikan hasil yang kurang akurat karena algoritma yang digunakan berbasis pada topologi sistem transmisi yang berbentuk *mesh* atau *loop* tertutup sedangkan sistem distribusi umumnya berbentuk radial atau berstruktur seperti pohon (*tree structure*). Saluran atau kabel pada sistem distribusi juga memiliki rasio resistansi versus reaktansi (R/X) yang cenderung

tinggi sehingga menyebabkan proses perhitungan aliran daya menggunakan metode konvensional diatas gagal konvergen.

2.3. Aliran Daya pada Sistem Distribusi Radial

Aliran daya pada sistem distribusi berbeda dengan aliran daya pada sistem transmisi. Hal ini dikarenakan sistem distribusi mempunyai jaringan bentuk radial. Salah satu metode untuk menghitung aliran daya pada sistem distribusi radial adalah metode *Bus Injection to Branch Current – Branch Current to Bus Voltage* (BIBC – BCBV).



Gambar 2.11 Single Line Diagram Contoh Jaringan Distribusi Radial

Gambar 2.11 merupakan contoh sederhana dari jaringan distribusi radial. Dari Gambar 2.11 didapatkan persamaan injeksi arus pada persamaan 2.8 sampai 2.12.

$$B_5 = I_6 \quad (2.8)$$

$$B_4 = I_5 \quad (2.9)$$

$$B_3 = I_4 + I_5 \quad (2.10)$$

$$B_2 = I_3 + I_4 + I_5 + I_6 \quad (2.11)$$

$$B_1 = I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 \quad (2.12)$$

Persamaan injeksi arus ke bus dapat dituliskan dengan matrik injeksi arus seperti persamaan 2.13

$$\begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \\ I_6 \end{bmatrix} \quad (2.13)$$

Persamaan matrik injeksi arus dapat dirumuskan menjadi model persamaan 2.14 dengan komponen matrik *BIBC* (*Bus Injection to Branch Current*).

$$[B] = [BIBC] [I] \quad (2.14)$$

Kemudian dibentuk persamaan untuk mencari nilai tegangan jatuh berdasarkan jalur injeksi arus. Persamaan 2.15 sampai 2.19 merupakan persamaan untuk menghitung tegangan tiap bus.

$$V_2 = V_1 - B_1 \cdot Z_{12} \quad (2.15)$$

$$V_3 = V_1 - B_1 \cdot Z_{12} - B_2 \cdot Z_{23} \quad (2.16)$$

$$V_4 = V_1 - B_1 \cdot Z_{12} - B_2 \cdot Z_{23} - B_3 \cdot Z_{34} \quad (2.17)$$

$$V_5 = V_1 - B_1 \cdot Z_{12} - B_2 \cdot Z_{23} - B_3 \cdot Z_{34} - B_4 \cdot Z_{45} \quad (2.18)$$

$$V_6 = V_1 - B_1 \cdot Z_{12} - B_2 \cdot Z_{23} - B_3 \cdot Z_{34} - B_4 \cdot Z_{45} - B_5 \cdot Z_{36} \quad (2.19)$$

Maka tegangan jatuh dapat dihitung menjadi persamaan 2.20 sampai dengan 2.24.

$$V_1 - V_2 = B_1 \cdot Z_{12} \quad (2.20)$$

$$V_1 - V_3 = B_1 \cdot Z_{12} - B_2 \cdot Z_{23} \quad (2.21)$$

$$V_1 - V_4 = B_1 \cdot Z_{12} - B_2 \cdot Z_{23} - B_3 \cdot Z_{34} \quad (2.22)$$

$$V_1 - V_5 = B_1 \cdot Z_{12} - B_2 \cdot Z_{23} - B_3 \cdot Z_{34} - B_4 \cdot Z_{45} \quad (2.23)$$

$$V_1 - V_6 = B_1 \cdot Z_{12} - B_2 \cdot Z_{23} - B_3 \cdot Z_{34} - B_4 \cdot Z_{45} - B_5 \cdot Z_{36} \quad (2.24)$$

Persamaan 2.20 sampai dengan 2.24 dapat dibentuk dan diselesaikan menggunakan suatu bentuk matrik dengan komponen matrik *BCBV* (*Branch Current to Branch Voltage*).

$$\begin{bmatrix} V_1 - V_2 \\ V_1 - V_3 \\ V_1 - V_4 \\ V_1 - V_5 \\ V_1 - V_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & Z_{45} & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & 0 & 0 & Z_{36} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{bmatrix} \quad (2.25)$$

$$[\Delta V] = [\mathbf{BCBV}][\mathbf{B}] \quad (2.26)$$

Sehingga nilai ΔV didapatkan persamaan 2.27 dan 2.28

$$[\Delta V] = [\mathbf{BCBV}][\mathbf{BIBC}][\mathbf{I}] \quad (2.27)$$

$$[\Delta V] = [\mathbf{DLF}][\mathbf{I}] \quad (2.28)$$

Penyelesaian aliran daya dapat diperoleh dengan prosedur perhitungan secara itersai pada persamaan 2.26 sampai dengan 2.28.

$$I_i^{(k)} = \left(\frac{P_i + jQ_i^*}{V_i^{(k)}} \right)^* \quad (2.29)$$

$$[\Delta V^k] = [\mathbf{DLF}][\mathbf{I}^k] \quad (2.30)$$

Persamaan 2.31 adalah persamaan *update* tegangan baru

$$[V^{k+1}] = [V_1][\Delta V^k] \quad (2.31)$$

2.4 Rugi Pada Sistem Distribusi

Rugi daya listrik pada sistem distribusi dipengaruhi beberapa faktor yang antara lain faktor konfigurasi dari sistem jaringan distribusi, transformator, kapasitor, isolasi dan rugi daya listrik dikategorikan 2 (dua) bagian yaitu rugi daya aktif dan rugi daya reaktif seperti persamaan berikut :

$$S = P + jQ \text{ (VA)} \quad (2.32)$$

Dimana :

P = Rugi daya aktif (Watt)

Q = Rugi daya reaktif (VAR)

S = Daya Kompleks (VA)

Dari persamaan 2.32, maka daya aktif dan daya reaktif pada suatu bus i mempunyai persamaan sebagai berikut :

$$P_i - jQ_i = V_i * I_i \quad (2.33)$$

Dan arus pada bus I adalah :

$$I_i = \frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} \quad (2.34)$$

I_i akan bertanda positif bila arus menuju ke bus i dan akan bertanda negatif bila arus mengalir keluar dari bus i .

Rugi daya listrik tersebut di atas (VA) akan mempengaruhi tegangan kerja sistem dan besarnya rugi daya dinyatakan dengan :

$$P_{\text{loss}} = \sum_{i=1}^{nbr} |I_i|^2 \cdot r_i \quad (2.35)$$

$$Q_{\text{loss}} = \sum_{i=1}^{nbr} |I_i|^2 \cdot x_i \quad (2.36)$$

--- Halaman ini sengaja dikosongkan ---

BAB III

REKONFIGURASI DAN ALGORITMA BPSO

3.1 Pengertian Rekonfigurasi Jaringan Distribusi

Sistem distribusi merupakan salah satu sistem dalam sistem tenaga listrik yang mempunyai peran penting karena berhubungan langsung dengan pemakai energi listrik, terutama pemakai energi listrik tegangan menengah dan tegangan rendah. Biasanya seringkali terjadi beban tidak seimbang pada fasa – fasanya (sistem distribusi merupakan sistem 3 fasa) atau terjadi kelebihan beban karena pemakaian alat - alat elektrik dari konsumen energi listrik.

Keadaan tersebut kalau dibiarkan terus menerus maka akan menyebabkan terjadinya penurunan keandalan sistem tenaga listrik dan kualitas energi listrik yang disalurkan serta menyebabkan kerusakan alat – alat yang bersangkutan. Untuk itu diperlukan suatu tindakan yang mengurangi pembebanan yang tidak seimbang (*unbalanced loading*) pada fasa dan kelebihan beban (*over loading*) pada jaringan distribusi listrik. Selain itu, sistem distribusi radial juga mempunyai rugi – rugi daya yang cukup besar sehingga menyebabkan kenadalan sistem yang menjadi berkurang.

Rekonfigurasi jaringan distribusi yaitu mengatur ulang konfigurasi jaringan dengan jalan membuka dan menutup *switch* yang terdapat pada jaringan distribusi untuk mengurangi rugi – rugi daya pada jaringan distribusi dan atau untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi sehingga efisiensi daya listrik yang disalurkan meningkat dan dan konsumen dapat dilayani dengan baik[7]. Rekonfigurasi dilakukan pada sistem yang telah terpasang, namun bentuk penyusunan ulang tersebut tidak signifikan. Pada tugas akhir ini, digunakan metode *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO) untuk memecahkan masalah rekonfigurasi jaringan.

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*)

Pada tugas akhir ini rekonfigurasi jaringan dilakukan untuk mengurangi rugi – rugi daya pada jaringan distribusi daya listrik tipe

radial menggunakan metode *binary particle swarm optimization* (BPSO) untuk memecahkan masalah rekonfigurasi jaringan.

3.1.1 Particle Swarm Optimization

Algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) diperkenalkan oleh Kennedy dan Eberhart pada tahun 1995, proses algoritmanya terinspirasi oleh tingkah laku sosial pada kawanan burung yang terbang bersama-sama. Perilaku sosial ini terdiri dari tindakan individu dan pengaruh dari individu – individu lain dalam suatu kelompok. Setiap individu atau partikel berperilaku secara terdistribusi dengan menggunakan kecerdasannya (*intelligency*) sendiri dan juga diperanguhi kelompok kolektifnya.

Dengan demikian, jika suatu partikel atau seekor burung menemukan jalan yang tepat (optimal) menuju sumber makanan, maka sisa anggota kelompok yang lainnya juga akan mengikuti jalan tersebut meskipun lokasi mereka didalam kelompok tersebut tidak saling berdekatan.

Beberapa istilah umum yang digunakan dalam PSO dapat didefinisikan sebagai berikut[8]:

- a. *Swarm* : populasi dari suatu algoritma
- b. *Particle* : anggota (individu) pada suatu *swarm*. Setiap *particle* mempresentasikan suatu solusi yang potensial pada permasalahan yang diselesaikan. Posisi dari suatu *particle* adalah ditentukan oleh representasikan solusi saat itu.
- c. *Pbest (Personal Best)* : posisi *Pbest* suatu *particle* yang menunjukkan posisi *particle* yang dipersiapkan untuk mendapatkan suatu solusi yang terbaik.
- d. *Gbest (Global Best)* : posisi terbaik *particle* pada *swarm* atau posisi terbaik antara *Pbest* yang ada.
- e. *Velocity* (kecepatan) : kecepatan atau vektor yang menggerakkan proses optimisasi yang menentukan arah dimana suatu *particle* diperlukan untuk berpindah (move) untuk memperbaiki posisinya semula.
- f. *Inertia Weight* () : parameter yang digunakan untuk mengontrol dampak dari adanya *velocity* yang diberikan oleh suatu *particle*.

Algoritma PSO yang standar dapat dituliskan seperti pada persamaan 3.1 dan 3.2.

$$v_i(t+1) = w \cdot v_i + c_1 \cdot \text{rand}(p_i - x_i(t)) + c_2 \cdot \text{rand}(p_g - x_i(t)) \quad (3.1)$$

$$x_i(t+1) = x_i(t) + v_i(t+1) \quad (3.2)$$

Dimana :

- $x_i(t)$ dan $v_i(t)$ = posisi dan kecepatan partikel saat ini
- $x_i(t+1)$ dan $v_i(t+1)$ = posisi dan kecepatan partikel iterasi selanjutnya
- c_1 dan c_2 = konstanta *cognitive* dan *sosial acceleration*
- rand* = nilai random yang terdistribusi antara 0 dan 1
- p_i = posisi terbaik dari partikel itu sendiri
- p_g = posisi terbaik dari seluruh populasi yang ada

Variasi PSO merupakan pengembangan dari metode yang telah dikembangkan oleh Kennedy dan Ebenhart[9]. Dengan ditambahkan *inertia weight* sebagai pengontrol keragaman dari *original* PSO, maka persamaan update partikel menjadi persamaan 3.3.

$$v_i(t+1) = w \cdot v_i + c_1 \cdot \text{rand}(p_i - x_i(t)) + c_2 \cdot \text{rand}(p_g - x_i(t)) \quad (3.3)$$

Dengan w adalah *inertia weight* yang memiliki nilai yang bervariasi setiap iterasinya. Persamaan *inertia weight* yang digunakan adalah seperti persamaan 3.4.

$$w_{it} = w_{max} - \frac{(w_{max} - w_{min}) \cdot it}{it_{max}} \quad (3.4)$$

Dimana :

- w_{max} = koefisien *inertia weight* maksimal
- w_{min} = koefisien *inertia weight* minimal
- it = iterasi yang selalu berubah dari 1,2, ... it_{max}
- it_{max} = nilai maksimal dari iterasi yang digunakan

Prosedur standar untuk menerapkan algoritma PSO adalah sebagai berikut :

1. Inisialisasi *velocity*, posisi, dan parameter PSO.
2. *Update velocity* partikel dengan menggunakan persamaan 3.3
3. *Update* posisi partikel dengan menggunakan persamaan 3.2
4. Evaluasi fungsi *fitness* dengan *update* P_i dan *update* P_g
5. Bandingkan tiap calon P_g dari nilai fungsi *fitness* agar mendapatkan nilai P_g yang terbaik.
6. Apabila nilai P_g belum mendapatkan nilai terbaik maka kembali ke langkah ke-2

Lakukan sampai batas iterasi atau sampai mendapatkan P_g dengan fungsi *fitness* yang paling minimal atau yang terbaik.

3.1.2 Binary Particle Swarm Optimization

PSO standar dirancang untuk mengatasi masalah optimasi fungsi kontinu[10]. Hal ini tidak untuk mengatasi masalah optimasi fungsi diskrit. Oleh karena itu, Kennedy dan Eberhart mengusulkan versi modifikasi dari PSO yang disebut *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO) yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah optimasi fungsi diskrit.

Dalam *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO) P_i dan P_g dari swarm di *update* dalam standar PSO. Perbedaan utama dari standar PSO dan BPSO adalah pada interpretasi dari kecepatan[10]. Pada BPSO kecepatan dibatasi dalam kisaran [0,1]. Persamaan dari kecepatan seperti persamaan berikut :

$$V_{ij}(t) = \text{sig}(v_{ij}(t)) = \frac{1}{1 + e^{-v_{ij}(t)}} \quad (3.7)$$

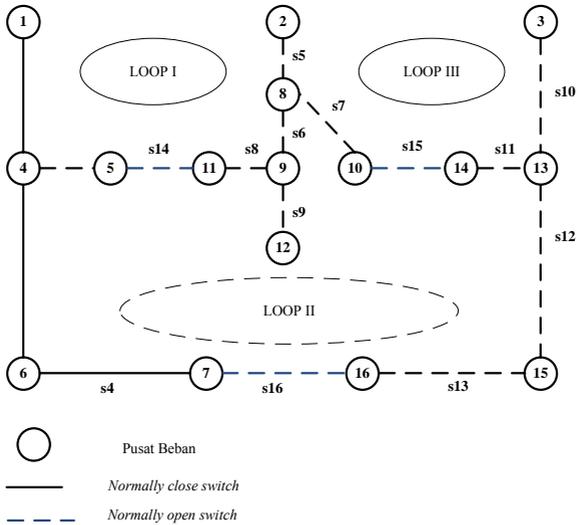
Digunakan untuk memperbarui vektor kecepatan partikel. Dan posisi baru partikel diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$X_{ij}(t+1) = \begin{cases} 1 & \text{if } r_{ij} < \text{sig} ; (v_{ij}(t+1)) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.8)$$

Dimana r_{ij} adalah angka acak dalam batas [0,1]

3.2 Data Sistem 16-Bus Radial

Penelitian ini menggunakan jaringan radial 16 bus dengan tegangan 23 kV seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1. Sistem distribusi ini terdiri dari 3 penyulang, terdapat 16 saklar yang terdiri dari 3 *tie-lines* (*normally open*) dan 13 saklar pemisah (*normally close*). Data beban dan data saluran jaringan radial 16 bus diperlihatkan pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.



Gambar 3.1 Konfigurasi Jaringan Distribusi IEEE 16-Bus

Tabel 3.1 Data Saluran pada Sistem Distribusi 16-Bus

No Cabang	Saluran		Impedansi	
	Dari	Ke	R (pu)	X(pu)
1	1	4	0.075	0.10
2	4	5	0.08	0.11
3	4	6	0.09	0.18
4	6	7	0.04	0.04
5	2	8	0.11	0.11
6	8	9	0.08	0.11
7	8	10	0.11	0.11
8	9	11	0.11	0.11
9	9	12	0.08	0.11

No Cabang	Saluran		Impedansi	
	Dari	Ke	R(pu)	X(pu)
10	3	13	0.11	0.11
11	13	14	0.09	0.12
12	13	15	0.08	0.11
13	15	16	0.04	0.04
14	5	11	0.04	0.04
15	10	14	0.04	0.04
16	7	16	0.09	0.12

Tabel 3.2 Data Beban pada Sistem Distribusi 16-Bus

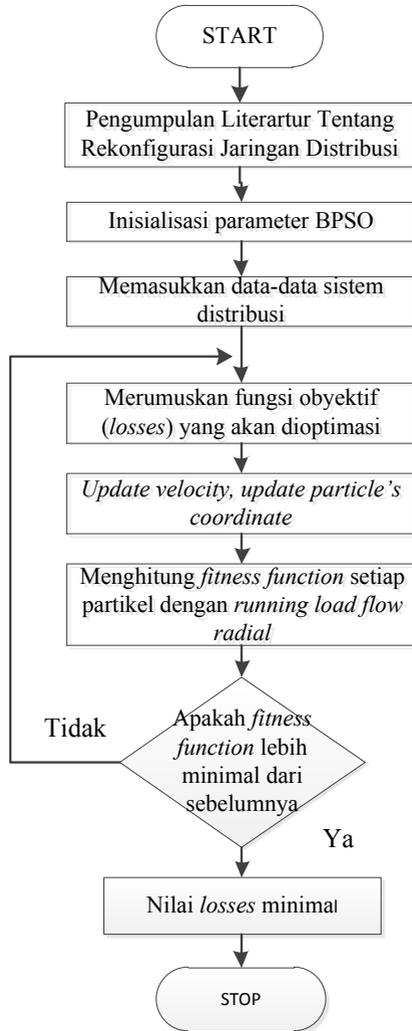
No Bus	Beban	
	P(MW)	Q(Mvar)
4	2	1.6
5	3	1.5
6	2	0.8
7	1.5	1.2
8	4	2.7
9	5	3
10	1	0.9
11	0.6	0.1
12	4.5	2
13	1	0.9
14	1	0.7
15	1	0.9
16	2.1	1

3.3 Penggunaan BPSO untuk Rekonfigurasi Jaringan Distribusi 16-Bus

Pada tahap ini, BPSO digunakan untuk rekonfigurasi jaringan distribusi sehingga *losses* yang dihasilkan yang paling minimal.

- Langkah 1 : Inisialisasi parameter *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO) merupakan tahapan untuk menentukan nilai awal dari setiap parameter-parameter pada BPSO. Parameter – parameter tersebut antara lain *velocity*, *inertia weight*, *maximum iteration*, kandidat –kandidat *switches* yang dibentuk secara kelompok berdasarkan loop, koefisien akselerasi.
- Langkah 2 : Memasukkan data dari sistem distribusi yaitu resistansi (R), reaktansi(X), konfigurasi sistem distribusi dan beban di tiap bus.
- Langkah 3 : Merumuskan fungsi obyektif yaitu *losses* yang minimal.
- Langkah 4 : Melakukan *update velocity* kemudian menghitung update *particle's coordinate*.
- Langkah 5 : Dari *velocity* dan *particle's coordinate*, dilakukan running loadflow radial pada kombinasi *open switches* yang baru untuk mendapatkan *fitness function (losses)*.
- Langkah 6 : Evaluasi hasil *fitness function* dengan *update Pbest* dan *update Gbest*. Apabila hasil *fitness function* yang baru lebih baik maka kombinasi *open switch* yang baru menggantikan kombinasi sebelumnya, sehingga *losses* minimal didapatkan.
- Langkah 7 : Cek kriteria penghentian iterasi. Jika kriteria belum dipenuhi maka kembali ke langkah ke-4. Kriteria penghentian menggunakan jumlah iterasi maksimum.
- Langkah 8 : Output algoritma ini adalah pola optimum *open-close* dari *switches* pada sistem yang menghasilkan *losses* yang minimum.

Gambar 3.2 merupakan diagram alir rekonfigurasi jaringan dsitribusi menggunakan BPSO.

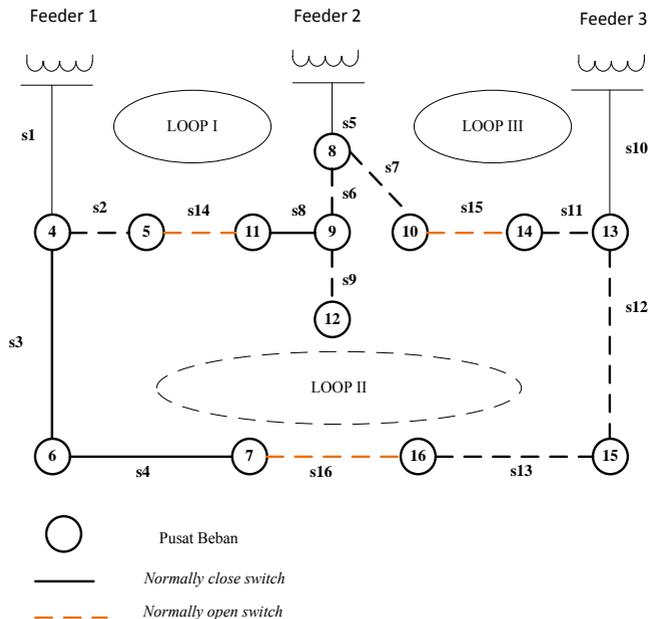


Gambar 3.2 Diagram Alir Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Menggunakan BPSO

BAB IV SIMULASI DAN ANALISIS

Pada bab ini dijelaskan hasil-hasil simulasi yang menggunakan algoritma pemrograman seperti yang telah dibahas pada bab 3. Algoritma dibuat dengan *software* Java Eclipse.

Sistem yang digunakan pada penelitian ini adalah sistem IEEE 16-bus dengan 16 saluran yang terdiri dari 13 saklar pemisah (*normally close*) dan 3 saluran *tie-lines* (*normally open*) seperti terlihat pada gambar 4.1. 3 saluran *tie-lines* terdapat pada saluran 14 sampai dengan saluran 16 dan 13 saklar pemisah terdapat pada saluran 1 sampai dengan saluran 13. Setiap saluran (kabel) pada sistem memiliki saklar pemisah berupa *Circuit Breaker* untuk keperluan rekonfigurasi. Tegangan yang digunakan pada sistem ini adalah 23 kV. Data saluran dan beban pada setiap bus terdapat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 di Bab 3.



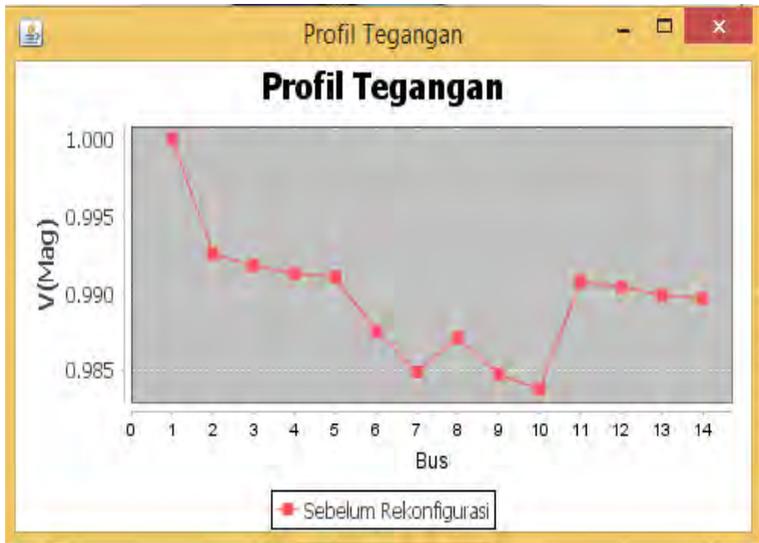
Gambar 4.1 Jaringan Sistem Konfigurasi Awal

4.1 Hasil Simulasi Radial 16-Bus Sebelum Rekonfigurasi

Tahap ini dilakukan analisis aliran daya menggunakan metode BIBC–BCBV dengan sistem radial pada kondisi sebelum rekonfigurasi. Pada kondisi ini saluran *tie-switch* dengan status *normally open* adalah 14, 15, 16. Dari hasil perhitungan didapat tegangan sistem 16-bus pada kondisi sebelum rekonfigurasi dapat dilihat pada Tabel 4.1. Dan grafik profil tegangan sebelum rekonfigurasi dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Tabel 4.1. Tegangan Sistem 16-bus Sebelum Rekonfigurasi

No Bus	Java Eclipse	
	Tegangan(pu)	Deg(derajat)
1	1	0
2	0.9925	-0.1717
3	0.9917	-0.1948
4	0.9912	-0.2213
5	0.9910	-0.2226
6	0.9875	-0.2494
7	0.9849	-0.3277
8	0.9871	-0.2506
9	0.9847	-0.3338
10	0.9837	-0.3651
11	0.9907	-0.1911
12	0.9904	-0.1974
13	0.9898	-0.2120
14	0.9896	-0.2168

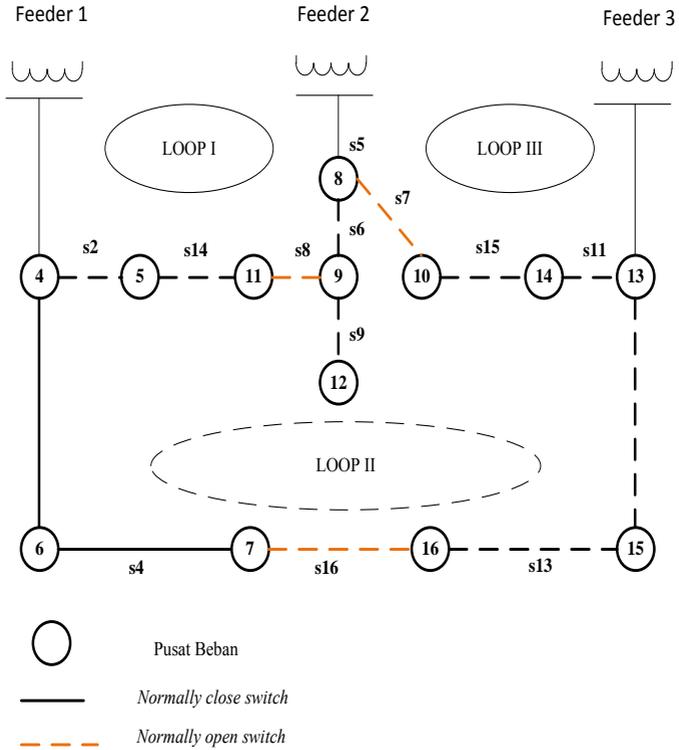


Gambar 4.2 Profil Tegangan Sistem IEEE 16 Bus Sebelum Rekonfigurasi

Dari hasil analisis aliran daya sistem 16-bus pada kondisi sebelum rekonfigurasi didapatkan total *losses* daya aktif sebesar 382.8099 kW dan total *losses* daya reaktif sebesar 489.0617 kVAR.

4.2 Hasil Simulasi Sistem Radial 16-Bus Setelah Rekonfigurasi Menggunakan BPSO

Tahap ini dilakukan penataan ulang saluran penghubung antar bus pada penyulang sehingga penataan ulang saluran bisa mendapatkan *losses* yang minimal daripada kondisi sebelum penataan ulang. Pada sistem radial 16-bus setelah rekonfigurasi analisis aliran daya juga menggunakan metode BIBC-BCBV. Setelah rekonfigurasi saluran *tie-switch* dengan status *normally open* adalah 16 dan saluran saluran *tie switch* dengan status *normally close* adalah 14, 15. Dan saklar pemisah dengan status *normally open* adalah 8, 7. Untuk detail jaringan distribusi setelah dilakukan rekonfigurasi dapat dilihat pada Gambar 4.3. Hasil perhitungan algoritma tegangan sistem 16-bus setelah rekonfigurasi dapat dilihat pada Tabel 4.2.

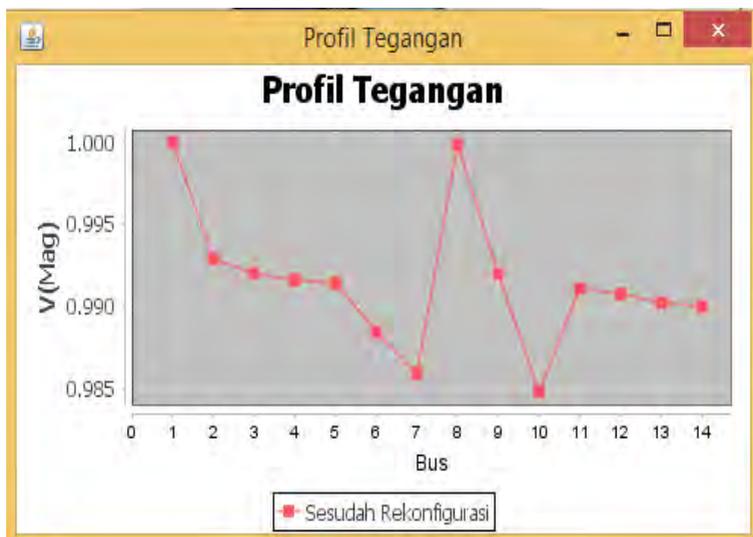


Gambar 4.3 Jaringan Sistem setelah Di Rekonfigurasi

Tabel 4.2. Tegangan Sistem 16-bus Setelah Rekonfigurasi

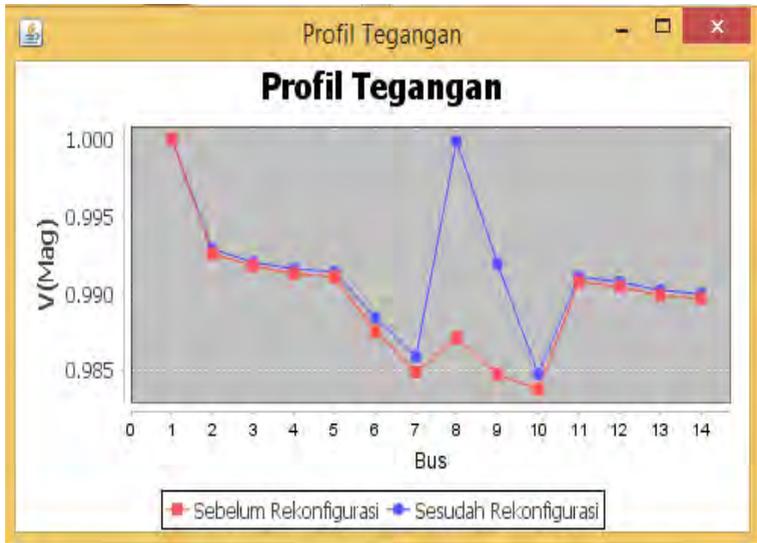
No Bus	Java Eclipse	
	Tegangan(pu)	Deg(derajat)
1	1	0
2	0.9928	-0.1681
3	0.9920	-0.1976
4	0.9916	-0.2176
5	0.9913	-0.2189
6	0.9884	-0.2384
7	0.9859	-0.3101
8	0.9998	-0.0004
9	0.9919	-0.1998
10	0.9847	-0.3475
11	0.9910	-0.1874
12	0.9907	-0.1937
13	0.9902	-0.2083
14	0.9899	-0.2132

Gambar 4.4 menunjukkan magnitudo setiap bus setelah rekonfigurasi terlihat pada bus 8 dan bus 9 memiliki magnitudo tegangan yang lebih tinggi dari sebelum rekonfigurasi. Ini berarti tegangan yang dihasilkan pada bus tersebut menjadi lebih baik.



Gambar 4.4 Profil Tegangan Sistem IEEE 16 Bus Setelah Rekonfigurasi

Gambar 4.5 menunjukkan magnitudo setiap bus sebelum rekonfigurasi dan setelah rekonfigurasi. Pada kondisi sebelum rekonfigurasi terlihat pada bus 7 dan bus 10 memiliki magnitudo tegangan yang rendah daripada bus lainnya. Kemudian setelah rekonfigurasi dilakukan, nilai tegangan yang dihasilkan setiap bus menjadi lebih baik daripada sebelum rekonfigurasi.



Gambar 4.5 Profil Tegangan Sistem IEEE 16 Bus dari Hasil Simulasi yang Dilakukan

Dari hasil analisis aliran daya sistem 16-bus pada kondisi setelah rekonfigurasi didapatkan total *losses* daya aktif sebesar 274.0101 kW dan total *losses* daya reaktif sebesar 342.3173 kVAR.

4.3. Analisa Hasil Simulasi

Diperoleh hasil simulasi yang dilakukan menggunakan java eclipse didapatkan *losses* daya aktif sebesar 382.8099 kW dapat dikurangi menjadi 274.0101 kW menggunakan rekonfigurasi jaringan dengan BPSO. Persentase pengurangan *losses* pada jaringan distribusi setelah rekonfigurasi didapat sebesar 28.42 %. Perbandingan *losses* sebelum dan sesudah rekonfigurasi dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hasil Simulasi yang Dilakukan Menggunakan Java Eclipse

Menggunakan BPSO	Saluran yang dibuka	<i>Losses</i>	
		kW	kVAR
Sebelum rekonfigurasi	14, 16, 15	382.8099	489.0617
Setelah rekonfigurasi	7, 16, 8	274.0101	342.3173

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil simulasi pada sistem distribusi radial IEEE 16-bus didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Setelah direkonfigurasi dengan menggunakan BPSO, hasil simulasi menunjukkan bahwa untuk memperoleh rugi-rugi sistem yang minimal dilakukan dengan cara mengubah *switch* 14 dan *switch* 15 dari status *normally open* (NO) menjadi *normally closed* (NC). Sedangkan, *switch* 8 dan *switch* 7 dari *normally closed* (NC) menjadi *normally open* (NO).
2. Setelah dilakukan rekonfigurasi terjadi penurunan rugi –rugi saluran pada sistem dari semula 382.8099 kW menjadi 274.0101 kW.
3. Dengan demikian dapat diketahui bahwa metode algoritma BPSO dapat digunakan sebagai solusi untuk memecahkan masalah pengoptimalkan jaringan, dalam hal ini untuk meminimkan rugi-rugi daya.

5.2 Saran

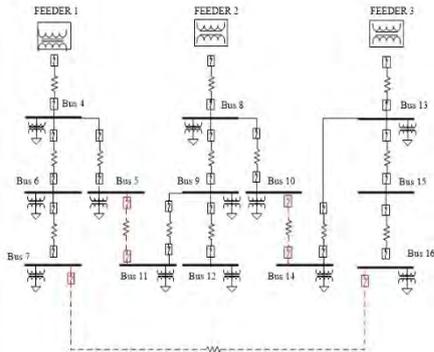
Untuk mengoptimalkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka penulis memberikan saran dalam pengembangan penelitian selanjutnya adalah :

1. Agar dilakukan pengembangan jaringan yang lebih besar dan kompleks.
2. Penelitian tentang penentuan parameter PSO yang lebih optimal untuk kasus penempatan dan penentuan kapasitas kapasitor.
3. Pada kasus yang lebih rumit dengan pilihan kombinasi konfigurasi jaringan yang lebih banyak, metode optimasi metaheuristik dapat digunakan untuk mempermudah penentuan konfigurasi dengan rugi daya yang rendah.

--- Halaman ini sengaja dikosongkan ---

LAMPIRAN

REKONFIGURASI JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL MENGGUNAKAN BINARY PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (BPSO)



◀ Sebelum

▶ Sesudah

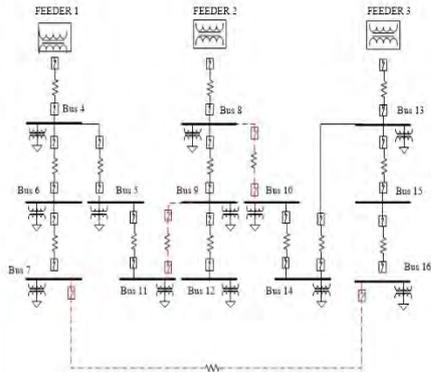
⬆ Perbandingan

No. Bus	V(Mag)	V(Deg)
1	1.00000	0.00000
2	0.99256	-0.17177
3	0.99179	-0.19488
4	0.99128	-0.22131
5	0.99107	-0.22263
6	0.98754	-0.24945
7	0.98491	-0.32774
8	0.98714	-0.25068
9	0.98476	-0.33388
10	0.98379	-0.36518
11	0.99076	-0.19115
12	0.99043	-0.19744
13	0.98988	-0.21202
14	0.98965	-0.21688

Dari Bus	Ke Bus	Current(A)	Current(Deg)	Losses(KW)	Losses(KVar)
1	2	1474.52	-31.33	163.07	217.42
2	3	147.04	-26.76	1.73	2.38
2	4	176.83	-29.97	2.81	5.63
4	5	84.27	-38.88	0.28	0.28
1	6	768.91	-30.25	152.19	176.79
6	7	499.73	-27.13	19.98	27.47
6	8	59.26	-42.24	0.39	0.39
7	9	26.86	-9.80	0.08	0.08
7	10	217.63	-24.33	3.79	5.21
1	11	271.63	-34.66	35.78	49.85
11	12	53.59	-35.19	0.26	0.34
11	13	159.72	-31.72	2.04	2.81
13	14	102.19	-25.68	0.42	0.42

Total Rugi Daya = 382.80998

REKONFIGURASI JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL MENGGUNAKAN BINARY PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (BPSO)



Sebelum

Sesudah

Perbandingan

No. Bus	V(Mag)	V(Deg)
1	1.00000	0.00000
2	0.99320	-0.16450
3	0.99232	-0.19395
4	0.99121	-0.24571
5	0.99077	-0.25188
6	0.98873	-0.23476
7	0.98622	-0.30641
8	0.99986	-0.00043
9	0.99227	-0.19615
10	0.98511	-0.34376
11	0.99245	-0.16933
12	0.99212	-0.17560
13	0.99986	-0.00043
14	0.99018	-0.26977

Dari Bus	Ke Bus	Current(A)	Current(Deg)	Losses(KW)	Losses(KVar)
1	2	1357.04	-30.39	138.12	184.16
2	3	172.61	-24.16	2.38	3.28
2	4	278.81	-28.44	7.00	13.99
4	5	185.21	-31.69	1.37	1.37
1	6	684.90	-29.99	121.95	144.06
6	7	473.54	-28.08	17.94	24.67
12	8	58.50	-41.99	-5.02	-10.00
3	9	26.65	-9.66	0.03	0.03
7	10	217.34	-24.31	3.78	5.20
1	11	112.22	-38.83	10.45	18.13
11	12	53.49	-35.17	0.26	0.34
14	13	58.50	-41.99	-5.50	-13.38
5	14	102.13	-25.73	0.94	1.25

Total Rugi Daya = 274.01012

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suhadi, dkk., “Teknik Distribusi Tenaga Listrik SMK”, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Jilid I, Jakarta, 2008.
- [2] Saadat, H., “*Power System Analysis*”, McGraw-Hill Book Co. Singapore, 1999.
- [3] I P. W. M. Yoga, “*Studi Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Tegangan Menengah Untuk meminimumkan rugi – rugi daya listrik menggunakan Binary-PSO*”, Tugas Akhir Teknik Elektro 2009.
- [4] Sabri, Yusra ., “Arsitektur & Pengembangan Jaringan Distribusi”, Gedung Kerjasama PLN ITB, 1991
- [5] Gonen, Turan., “*Electric Power Distribution*”, McGraw-Hill Inc, 1986.
- [6] Sabri, Yusra., “*Arsitektur & Pengembangan Jaringan Distribusi*”, Gedung Kerjasama PLN ITB, 1991.
- [7] Abdelaziz. A.Y., Mohammed. F.M. Mekhamer.S.F, Badr. M.A. L., “*Distribution System Reconfiguration Using a Modified Particle Swarm Optimization Algorithm*”, Elsevier electrical Power System Research, 1521-1530, 2009.
- [8] Aji (2015), “*Rekonfigurasi Jaring Distribusi Weakly Meshed Menggunakan Binary Particle Swarm Optimization untuk Memperbaiki Voltage Stability Index dengan Losses Minimal*”, Tesis Master, ITS, Surabaya.
- [9] Y. Shi, R. Eberhart,” *Emperical Study of Particle Swarm Optimization*”, In Proceedings of the 1999 IEEE Congres on Evolutionary Computation, Piscataway, NJ, IEEE Pres, pp 1945-1950, 1999.
- [10] J. Kennedy and R. Eberhart, “*Particle Swarm Optimization*” in IEEE Int. Conf on Neural Networks, Perth, Australia, 1942-1948, 1995.

BIODATA PENULIS



Nama : Niken Adriaty Basyarach
TTL : Surabaya, 21 September
1992
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Alamat Rumah: Jl.Medayu Selatan IV no 65
(Perum Kosaghra),
Rungkut-Surabaya
Telp./HP : 085330970168
E-mail :
nikenbasyarach@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

- 1998 – 2004 : SD Muhammadiyah 4 Pucang Surabaya
- 2004 – 2007 : SMP NEGERI 35SURABAYA
- 2007 – 2010 : SMA NEGERI 20 SURABAYA
- 2010 – 2013 : Bidang Studi Elektro Industri, Program D3
Teknik Elektro, ITS
- 2014 – sekarang : Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga, Program
Lintas Jalur S1 Teknik Elektro, ITS

PELATIHAN

- *Training ETAP Basic (Load Flow Analysis) for Industrial Electricity System* pada tahun 2015

PENGALAMAN ORGANISASI

- Sekretaris Himpunan D3 Teknik Elektro Industri pada tahun 2011
- Sekretaris Himpunan D3 Teknik Elektro Industri pada tahun 2012

--- Halaman ini sengaja dikosongkan ---