

**PENENTUAN LOKASI DAN KAPASITAS DARI KAPASITOR SERTA
PEMBANGKIT TERSEBAR UNTUK MEMINIMALKAN RUGI-RUGI
DAYA PADA PENYULANG KOPI MENGGUNAKAN METODE
*PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO)***

(Skripsi)

**Oleh
DHARMA ADI PUTRA**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

ABSTRAK

PENENTUAN LOKASI DAN KAPASITAS DARI KAPASITOR SERTA PEMBANGKIT TERSEBAR UNTUK MEMINIMALKAN RUGI-RUGI DAYA PADA PENYULANG KOPI MENGGUNAKAN METODE *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO)*

Oleh

DHARMA ADI PUTRA

Rugi-rugi daya adalah permasalahan yang sering ditemui pada sistem distribusi. Penambahan kapasitor dan pembangkit tersebar atau *distributed generation (DG)* merupakan salah satu solusi dalam memperbaiki permasalahan tersebut. Akan tetapi, penentuan lokasi dan kapasitas dari kapasitor serta pembangkit tersebar perlu dilakukan analisis *study* agar hasil yang diinginkan optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan lokasi dan kapasitas dari kapasitor serta pembangkit tersebar untuk meminimalkan rugi-rugi daya pada sistem distribusi dengan menggunakan metode *particle swarm optimization (PSO)*. Penulis menggunakan kasus pada penyulang Kopi di gardu induk Bukit Kemuning PT PLN (Persero) Tbk. Penelitian ini menggunakan pembangkit tersebar dengan faktor daya 1 dan 0,85. Dari hasil simulasi menunjukkan bahwa pada pembangkit tersebar dengan faktor daya 1 kapasitas optimum kapasitor sebesar 0,4 MVar yang ditempatkan pada bus 89 dan kapasitas optimum pembangkit tersebar sebesar 0,8819 MW yang ditempatkan pada bus 76. Sedangkan pada pembangkit tersebar dengan faktor daya 0,85 kapasitas optimum kapasitor sebesar 0,25 MVar yang ditempatkan pada bus 22 dan kapasitas optimum pembangkit tersebar sebesar 0,6840 MW yang ditempatkan pada bus 89. Setelah pemasangan kapasitor dan pembangkit tersebar sesuai dengan kapasitas serta lokasi yang ditentukan, dapat meminimalkan rugi-rugi daya dibandingkan sebelum pemasangan. Penurunan rugi-rugi daya memiliki nilai yang sama baik dengan pembangkit tersebar dengan faktor daya 1 maupun pembangkit tersebar dengan faktor daya 0,85. Setelah pemasangan kapasitor serta pembangkit tersebar, rugi-rugi daya aktif menjadi 0,006 MW dari sebelumnya sebesar 0,039 MW dan rugi-rugi daya reaktif menjadi 0,01 MVar dari sebelumnya sebesar 0,05 MVar.

Kata kunci : DG, kapasitor, lokasi dan kapasitas, PSO, rugi-rugi daya.

ABSTRACT

DETERMINATION OF LOCATION AND CAPACITY OF THE CAPACITORS AND THE DISTRIBUTED GENERATION TO MINIMIZE POWER LOSS IN KOPI FEEDER USING THE PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO) METHOD

By

DHARMA ADI PUTRA

Power losses are a problem that is often encountered in distribution systems. The addition of capacitors and distributed generation (DG) is one of the solutions in fixing the problem. However, determining the location and capacity of capacitors and distributed generation needs to be analyzed by the study so that the desired results are optimal. This study aims to determine the location and capacity of capacitors and scattered generators to minimize power losses in distribution systems using the particle swarm optimization (PSO) method. The author uses the case of Kopi feeders in the Bukit Kemuning substation PT PLN (Persero) Tbk. This study uses a distributed generation with a power factor of 1 and 0,85. From the simulation results show that the distributed generation with a power factor 1, the optimum capacity of capacitors is 0,4 MVar which is placed on bus 89 and the optimum capacity of distributed generation is 0,8819 MW which is placed on bus 76. Whereas distributed generation with power factor 0,85 optimum capacitor capacity of 0,25 MVar placed on bus 22 and optimum capacity of distributed generation 0,6840 MW placed on bus 89. After installation of capacitors and distributed generation according to the capacity and location specified, can minimize power losses compared before installation. The reduction in power losses has the same value both distributed generation with power factor 1 and distributed generation with power factor 0,85. After the installation of capacitors and distributed generation, the active power losses are decreased to 0,006 MW from the previous 0,039 MW and the reactive power losses decreased to 0,01 MVar from the previous 0,05 MVar.

Keywords : DG, capacitor, location and capacity, PSO, power losses.

**PENENTUAN LOKASI DAN KAPASITAS DARI KAPASITOR SERTA
PEMBANGKIT TERSEBAR UNTUK MEMINIMALKAN RUGI-RUGI
DAYA PADA PENYULANG KOPI MENGGUNAKAN METODE
*PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO)***

Oleh

DHARMA ADI PUTRA

(Skripsi)

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2019

**Judul Skripsi : PENENTUAN LOKASI DAN KAPASITAS
DARI KAPASITOR SERTA PEMBANGKIT
TERSEBAR UNTUK MEMINIMALKAN RUGI-
RUGI DAYA PADA PENYULANGAN KOPI
MENGUNAKAN METODE *PARTICLE*
SWARM OPTIMIZATION (PSO)**

Nama Mahasiswa : Dharma Adi Putra

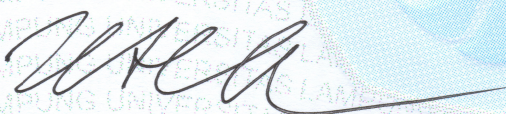
Nomor Pokok Mahasiswa : 1215031020

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

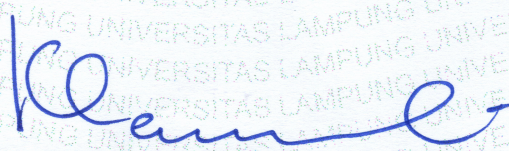


Osea Zebua, S.T., M.T.
NIP 19700609 199903 1 002



Herri Gusmedi, S.T., M.T.
NIP 19710813 199903 1 003

2. Ketua Jurusan Teknik Elektro



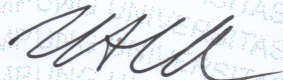
Khairudin, S.T., M.Sc., Ph.D.Eng.
NIP 19700719 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

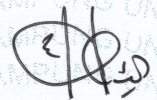
Ketua

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



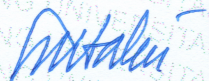
Sekretaris

: **Herri Gusmedi, S.T., M.T.**



Penguji

Bukan Pembimbing : **Dr. Eng. Lukmanul Hakim, S.T., M.Sc.**

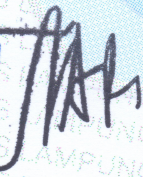


2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Suharno, M.Sc., Ph.D.

NIP 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 9 Desember 2019

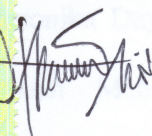
SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

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



Bandar Lampung, 20 Desember 2019


Dharma Adi Putra
NPM 1215031020

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, Provinsi Lampung pada tanggal 13 Januari 1994. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara, dari Bapak Anhari (Alm) dan Ibu Nini Dahniar.

Riwayat pendidikan lulus Sekolah Dasar (SD) di SD Negeri 1 Sawah Lama Bandar Lampung pada tahun 2006, lulus Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 4 Bandar Lampung pada tahun 2009, lulus Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA YP UNILA pada tahun 2012.

Tahun 2012, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) Undangan. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Dasar Konversi Energi Elektrik, Praktikum Mesin-Mesin Elektrik dan Praktikum Elektronika Daya serta terdaftar sebagai anggota organisasi intra kapus Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) Universitas Lampung sebagai Sekertaris Umum HIMATRO periode 2014-2015. Pada September 2015 penulis melaksanakan kerja praktik di Perum Jasa Tirta II divisi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Ir. H. Djuanda, dan membuat laporan tentang “Sistem Eksitasi Generator pada PLTA Ir. H. Djuanda”. Pada April 2019 melakukan penelitian di Laboratorium Terpadu Teknik Elektro Universitas Lampung dengan judul yang ada pada penelitian ini.

PERSEMBAHAN



*Dengan Ridho Allah SWT, teriring shalawat kepada Nabi Muhammad
Shalallahu Alaihi Wassalam Karya tulis ini kupersembahkan untuk:*

*Ayah dan Ibuku Tercinta
Anhari dan Nini Dahniar*

*Serta Kakakku Tersayang
Diana Arinda*

*Teman-teman kebanggaanku
Rekan-rekan Jurusan Teknik Elektro*

*Almamaterku
Universitas Lampung*

*Agamaku
Islam*

*Bangsa dan Negaraku
Republik Indonesia*

Terima-kasih untuk semua yang telah diberikan kepadaku. Jazzakallah Khairan



MOTTO

“:Niscaya Allah akan mengangkat (derajat) orang-orang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat”

(Al-Quran, Surat Al-Mujadilah, 58:11)

“Sesungguhnya shalatku, hidupku, dan matiku hanyalah untuk Allah SWT, tuhan semesta alam”

(Al-Quran, Surat Al-An'am, 6:162)

“Mudahkan orang lain, maka Allah SWT akan memudahkan urusan kita”

(H.R. Muslim)

“Raihlah ilmu, dan untuk meraih ilmu belajarlah untuk tenang dan sabar”

(Umar bin Khatthab RA)



“Orang yang berkata jujur mendapatkan tiga hal: Kepercayaan, cinta dan rasa hormat”

(Ali bin Abi Thalib)

SANWACANA

Alhamdulillahirobbil'alamiin, penulis mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi dengan judul **“PENENTUAN LOKASI DAN KAPASITAS DARI KAPASITOR SERTA PEMBANGKIT TERSEBAR UNTUK MEMINIMALKAN RUGI-RUGI DAYA PADA PENYULANG KOPI MENGGUNAKAN METODE *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO)*”**

merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung. Penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran yang bersifat membangun bila terdapat kekurangan dalam skripsi ini.

Selama melaksanakan penelitian, penulis banyak mendapatkan pengalaman yang sangat berharga. Penulis mendapat bantuan baik moril, materi, bimbingan, petunjuk serta saran dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof.Dr.Suharno, M.Sc, Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Khairudin, S.T., M.Sc., Ph.D., Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

3. Ibu Herlinawati S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
4. Bapak Osea Zebua, S.T., M.T. selaku Pembimbing Utama atas kesediaanya meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, saran dan kritik serta semangat dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak Herri Gusmedi, S.T., M.T. selaku Pembimbing pendamping atas kesediaanya meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, saran dan kritik serta semangat dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Bapak Dr. Eng. Lukmanul Hakim, S.T., M.Sc. selaku Pembahas utama atas kesediaanya meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, saran dan kritik serta semangat dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Segenap dosen dan pegawai di Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu dan wawasan yang tak terlupakan oleh penulis.
8. Seluruh staff admin Jurusan Teknik Elektro Mbkn, Mba Stefi yang banyak membantu penulis dalam memfasilitasi kegiatan administrasi.
9. Ayahanda Anhari, Ibunda Nini Dahniar. Tiada terkira jasa yang kalian berikan, hanya doa dan sedikit usaha meraih prestasi sekarang dan kedepannya serta menyelesaikan kewajiban agar terpancar senyum bangga di wajah kalian yang sangat saya impikan.
10. Saudari tercinta Cici yang selama ini telah memberikan kasih sayang, semangat, doa, nasihat serta dukungan dalam segala aspek agar selalu istiqomah dalam menuntut ilmu.
11. Teman diskusi saya sekaligus teman ngopi dan bersenda gurau penghilang penat dalam mengerjakan skripsi saudara Yayan, Kocong, Ipan, Salim

yang menyempatkan waktu disela-sela dalam berjuang bersama menyelesaikan skripsi.

12. Saudara-saudara seperjuangan Elektro ELANG12 atas kebersamaan dan kekeluargaan yang telah dibangun selama ini.
13. Rekan dan adik seperjuangan laboratorium Konversi Energi Elektrik (Rio, Guntur, Panji, Aji P, Hekson, Paian, Bangkit, Rizki, Helmi, Aby, Farhan, Yosa, Aan, Anjas, Awi, Faisal) terima kasih atas cerita, canda tawa, berbagi ilmu, pengalaman dan silaturahmi.
14. Teman seperjuangan Rahma Lalita S.P dalam susah maupun senang, suka dan duka. Dukungan dalam segala hal, canda tawa yang ga akan pernah ada jika ga ketemu beliau. *Thanks for everything and Hope that's always been Her*

Semoga kebaikan, kemurahan hati dan bantuan yang telah diberikan semua pihak mendapat balasan yang setimpal dari Tuhan Yang Maha Esa dan semoga hari-hari kita selalu indah dan menjadi lebih baik lagi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak terlepas dari kesalahan dan jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu masukan serta saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan dimasa yang akan datang. Akhirnya semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 20 Desember 2019

Penulis

Dharma Adi Putra

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
HALAMAN JUDUL	iv
LEMBAR PERSETUJUAN	v
LEMBAR PENGESAHAN	vi
SURAT PERNYATAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
PERSEMBAHAN.....	ix
MOTO	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xviii

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	2

1.3. Manfaat Penelitian	3
1.4. Rumusan Masalah	3
1.5. Batasan Masalah	4
1.6. Hipotesis	4
1.7. Sistematika Penulisan	4

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Distribusi	6
2.2 Rugi-Rugi pada Sistem Distribusi	7
2.3 Analisis Aliran Daya pada Sistem Distribusi	8
2.4 Kapasitor	9
2.5 <i>Distributed Generation</i> (DG) atau Pembangkit Tersebar	11
2.6 <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO)	13

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat	17
3.2 Alat dan Bahan	17
3.3 Tahapan Pengerjaan skripsi	18
3.3.1 Mengidentifikasi Masalah	18
3.3.2 Studi Literatur	18
3.3.3 Studi Bimbingan	18
3.3.4 Pembuatan Program	19
3.3.5 Pengambilan dan Pengolahan Data	19

3.3.4 Pembuatan Laporan	19
3.4 Optimasi Lokasi Penempatan dan Kapasitas Kapasitor serta Pembangkit Tersebar	20
3.5 Diagram Alir Skripsi	23
3.6 Diagram Alir Program	24

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Studi Kasus	25
4.2 Metode dan Hasil Simulasi	27
4.3 Analisa Hasil Simulasi	39

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	45

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Posisi Sistem Distribusi dari Keseluruhan Sistem Tenaga Listrik	6
Gambar 2.2. Pengaruh Pemasangan Kapasitor pada Saluran Distribusi	10
Gambar 2.3. Segitiga Arus	10
Gambar 2.4. Diagram Alir Program PSO	16
Gambar 3.1. Diagram Alir Skripsi	23
Gambar 3.2. Diagram Alr Program Optimasi dengan Metode PSO	24
Gambar 4.1. <i>One Line Diagram</i> Penyulang Kopi GI Bukit Kemuning	26
Gambar 4.2. Posisi Kapasitor di Setiap Iterasi	29
Gambar 4.3. Nilai Kapasitor di Setiap Iterasi	29
Gambar 4.4. Posisi Pembangkit Tersebar di Setiap Iterasi	30
Gambar 4.5. Daya Aktif dari Pembangkit Tersebar Setiap Iterasi	31
Gambar 4.6. Kurva Konvergensi Menggunakan Pembangkit Tersebar dengan Faktor Daya 1	31
Gambar 4.7. Posisi Kapasitor di Setiap Iterasi	33
Gambar 4.8. Nilai Kapasitor di Setiap Iterasi	34
Gambar 4.9. Posisi Pembangkit Tersebar di Setiap Iterasi	34
Gambar 4.10. Daya Aktif dari Pembangkit Tersebar Setiap Iterasi	35

Gambar 4.11. Daya Reaktif dari Pembangkit Tersebar Setiap Iterasi	36
Gambar 4.12. Kurva Konvergensi Menggunakan Pembangkit Tersebar dengan Faktor Daya 0,85	36
Gambar 4.13. Rugi-Rugi Daya Aktif Sebelum dan Setelah Pemasangan Kapasitor dan Pembangkit Tersebar	39
Gambar 4.14. Rugi-Rugi Daya Reaktif Sebelum dan Setelah Pemasangan Kapasitor dan Pembangkit Tersebar	40
Gambar 4.15. Daya yang Disuplai Gardu Induk Sebelum dan Setelah Pemasangan Kapasitor serta Pembangkit Tersebar	41
Gambar 4.16. Tegangan Setiap Bus Sebelum dan Setelah Pemasangan Kapasitor serta Pembangkit Tersebar	42

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Data Hasil Percobaan Menggunakan Pembangkit Tersebar dengan Faktor Daya 1	28
Tabel 2. Data Hasil Percobaan Menggunakan Pembangkit Tersebar dengan Faktor Daya 0,85	32
Tabel 3. Daya pada Penyulang Kopi Sebelum dan Setelah Pemasangan Kapasitor serta Pembangkit Tersebar dengan Faktor daya 1	37
Tabel 4. Daya pada Penyulang Kopi Sebelum dan Setelah Pemasangan Kapasitor serta Pembangkit Tersebar dengan Faktor daya 0,85	38

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu bentuk energi yang sangat penting dalam menunjang kegiatan manusia sehari-hari. Permintaan akan kebutuhan energi listrik terus meningkat seiring dengan meningkatnya populasi manusia dan meningkatnya pertumbuhan ekonomi. Pertumbuhan ekonomi yang meningkat mendorong percepatan di bidang industri dan meningkatkan kebutuhan masyarakat dalam menggunakan peralatan yang membutuhkan lebih banyak energi listrik. Oleh karena itu, ketersediaan dan kualitas energi listrik perlu ditingkatkan.

Jaringan distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Jaringan ini yang menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk / pusat pembangkit listrik sampai ke konsumen. Seiring dengan meningkatnya aktivitas 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 sistem. Rugi-rugi daya pada sistem distribusi dapat dikurangi

dengan cara menyambungkan kapasitor dan pembangkit tersebar atau *distributed generation* (DG). Pembangkit tersebar merupakan jenis pembangkit listrik tersebar dalam skala kecil yang terletak pada sistem distribusi tenaga listrik. Penambahan kapasitas pemasangan pembangkit tersebar pada sistem distribusi *existing* PLN 20 kV memiliki efek terhadap kestabilan sistem, keandalan sistem, kualitas daya, dan sistem proteksi.

Permasalahan yang masih sering dihadapi dalam penyambungan pembangkit tersebar adalah lokasi penyambungan pembangkit tersebar yang belum optimal sehingga menyebabkan rugi-rugi daya yang besar. Lokasi penyambungan pembangkit tersebar dapat dikatakan sudah optimal apabila rugi-rugi daya yang dihasilkan pada titik penyambungan sudah minimal dan level tegangan sangat terjaga. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengetahui titik penyambungan pembangkit tersebar terbaik adalah metode *particle swarm optimization* (PSO). Metode ini digunakan untuk mendapat solusi terbaik dari semua solusi yang memungkinkan atau menemukan solusi yang berada dalam daerah yang mungkin.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Untuk menentukan kapasitas dan lokasi penempatan dari kapasitor serta pembangkit tersebar pada sistem distribusi penyulang Kopi.

2. Untuk mengetahui pengaruh pemasangan kapasitor serta pembangkit tersebar terhadap profil tegangan pada setiap bus dan rugi-rugi daya total pada sistem distribusi.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Menambah informasi dan pemahaman tentang studi metode *particle swarm optimization* (PSO) untuk menentukan lokasi penempatan dan kapasitas dari kapasitor serta pembangkit tersebar pada suatu sistem distribusi.
2. Dapat menjadi bahan acuan bagi mahasiswa lain dalam menyempurnakan tugas akhir ini.

1.4 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan lokasi penempatan dari kapasitor serta pembangkit tersebar secara bersamaan pada suatu sistem distribusi?
2. Berapa kapasitas dari kapasitor serta pembangkit tersebar yang harus dipasang secara bersamaan pada suatu sistem distribusi?
3. Bagaimana pengaruh pemasangan kapasitor serta pembangkit tersebar terhadap profil tegangan dan rugi-rugi daya total pada sistem distribusi?

1.5 Batasan Masalah

1. Beban listrik yang digunakan dalam kondisi *steady state*.
2. Kapasitor dan pembangkit tersebar masing-masing yang akan dipasang berjumlah 1 unit.
3. Jenis dari pembangkit tersebar yang disimulasikan adalah pembangkit tersebar dengan faktor daya 1 dan 0,85.

1.6 Hipotesis

Dengan menggunakan metode *particle swarm optimization* (PSO), maka lokasi optimal penempatan dan kapasitas dari kapasitor serta pembangkit tersebar yang ditempatkan secara bersamaan untuk meminimalkan rugi-rugi daya aktif pada sistem distribusi penyulang Kopi dapat ditentukan.

1.7 Sistematika Penulisan

Laporan akhir ini dibagi menjadi lima bab yaitu :

BAB I. PENDAHULUAN

Pada bab ini penulis menjelaskan latar belakang, tujuan penelitian, manfaat penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, hipotesis, dan sistematika penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini penulis menjelaskan teori-teori pendukung materi penelitian yang diambil dari berbagai sumber ilmiah yang digunakan dalam penulisan laporan tugas akhir ini.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini penulis memaparkan waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, metode penelitian yang digunakan, serta tahapan / alur pelaksanaan dan pengamatan penelitian.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan hasil data penelitian dan pembahasan dari tugas akhir ini.

BAB V. KESIMPULAN

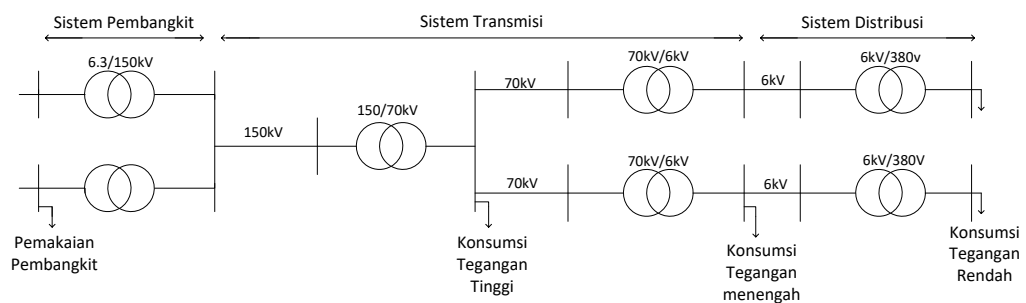
Pada bab ini menjelaskan kesimpulan yang didasarkan pada hasil data dan pembahasan dari tugas akhir ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Distribusi

Jaringan distribusi adalah sub sistem tenaga listrik yang menyalurkan atau mendistribusikan energi listrik langsung ke konsumen. Dalam sistem tenaga listrik segala peralatan yang sifatnya mengkonsumsi energi listrik umumnya dinamakan beban. Secara umum kedudukan sistem distribusi dari keseluruhan sistem tenaga listrik dapat dilihat pada Gambar 2. Dari gambar dapat kita lihat bahwa kedudukan sistem distribusi merupakan bagian paling akhir dari keseluruhan sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan langsung energi listrik kepada konsumen atau beban yang membutuhkan.



Gambar 2.1 Posisi Sistem Distribusi dari Keseluruhan Sistem Tenaga Listrik

Terdapat dua bagian pada sistem distribusi, yaitu distribusi primer dan distribusi sekunder. Distribusi primer pada umumnya memiliki tegangan sebesar 20kV. Kemudian tegangan tersebut diturunkan dengan transformator distribusi menjadi tegangan rendah sebesar 220V atau 380V untuk selanjutnya disalurkan ke konsumen atau beban melalui saluran distribusi sekunder [1].

2.2. Rugi-Rugi pada Sistem Distribusi

Rugi daya listrik pada sistem distribusi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain faktor konfigurasi dari sistem jaringan distribusi, transformator, kapasitor dan beban yang terhubung. Daya listrik dikategorikan menjadi dua bagian yaitu daya aktif dan daya reaktif seperti persamaan 2.1 [2].

$$S = P + jQ \text{ (VA)} \quad (2.1)$$

Dimana :

$$P = \text{Daya Aktif (Watt)}$$

$$Q = \text{Daya Reaktif (VAR)}$$

$$S = \text{Daya Kompleks (VA)}$$

Dari persamaan 2.1, maka daya aktif dan daya reaktif pada suatu bus I mempunyai persamaan sebagai berikut:

$$P_i - jQ_i = V_i * I_i \quad (2.2)$$

Dan arus pada bus I adalah:

$$I_i = \frac{P_i - jQ_i}{V_i} \quad (2.3)$$

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:

$$P_{\text{loss}} = \sum_{i=1}^{\text{nbr}} |I_i|^2 \cdot r_i \quad (2.4)$$

$$Q_{\text{loss}} = \sum_{i=1}^{\text{nbr}} |I_i|^2 \cdot x_i \quad (2.5)$$

2.3. Analisis Aliran Daya pada Sistem Distribusi

Analisis aliran daya pada suatu sistem tenaga listrik berguna untuk menghitung beberapa parameter penting antara lain arus, tegangan, daya dan kerugian daya. Beberapa metode analisis aliran daya yang sering digunakan seperti metode *Gauss-Seidel*, metode *Newton-Rhapson* dan *Fast Decoupled* telah terbukti akurat untuk perhitungan analisis aliran daya pada sistem transmisi. Pada penelitian ini, penulis menggunakan metode *Newton-Rhapson* sebagai metode untuk penyelesaian persamaan aliran daya. Metode ini dipilih karena membutuhkan waktu yang lebih singkat dalam memperoleh nilai yang diinginkan sehingga proses iterasinya lebih sedikit. Metode ini adalah penyempurnaan dari metode *Gauss-Seidel*, karena dapat mengatasi masalah ketelitian dan banyaknya iterasi. Dalam penyelesaian aliran daya menggunakan metode *Newton-Rhapson*, nilai daya aktif (P_i) dan daya reaktif (Q_i) yang telah dihitung sebelumnya akan dibandingkan dengan nilai daya aktif dan daya reaktif yang sudah ditetapkan menggunakan persamaan 2.6 dan 2.7 [3].

$$\Delta P_p = P_{p^{spec}} - P_{p^{calc}}$$

$$\Delta P_p = P_{p^{spec}} - |V_p| \sum_{q=1}^n |V_q| [G_{pq} \cos(\delta_p - \delta_q) + B_{pq} \sin(\delta_p - \delta)] \quad (2.6)$$

$$p = 1, 2, \dots, n; p \neq s$$

$$\Delta P_p = P_{p^{spec}} - |V_p| \sum_{q=1}^n |V_q| [G_{pq} \cos(\delta_p - \delta_q) + B_{pq} \sin(\delta_p - \delta)] \quad (2.7)$$

$$p = 1, 2, \dots, n; p \neq s; p \neq g$$

Spec adalah nilai yang telah ditentukan sedangkan *calc* adalah nilai yang didapat berdasarkan perhitungan. Selama proses iterasi berlangsung terjadi perubahan pada daya aktif dan daya reaktif hingga mencapai nilai konvergen yang telah ditentukan [4].

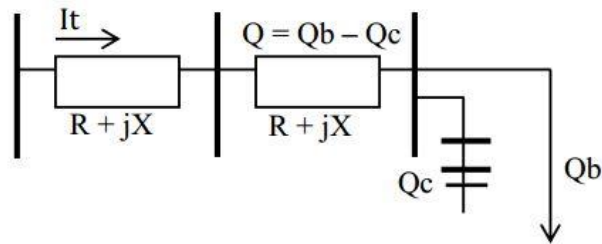
2.4. Kapasitor

Kapasitor adalah komponen atau peralatan listrik yang dapat mensuplai daya reaktif. Fungsi kapasitor adalah untuk memperbaiki faktor daya, mengurangi rugi daya (*losses*) dan memperbaiki tegangan pada sistem. Kapasitor bekerja dengan cara mengkompensasi daya reaktif pada sistem [5]. Besaran yang dipakai adalah kVAR meskipun tercantum besaran kapasitansi yaitu *farad* atau *micro farad*.

Pemasangan kapasitor berdasarkan pada bus yang ada pada sistem. Penentuan kapasitas pada kapasitor dipengaruhi oleh nilai faktor daya dan daya beban pada sistem. Daya reaktif kapasitor diperoleh dari selisih faktor daya lama dan faktor daya baru dikalikan dengan daya aktif. Daya reaktif kapasitor dapat ditulis dalam persamaan 2.8.

$$Q_c = P \times (\tan\phi_{lama} - \tan\phi_{baru}) \quad (2.8)$$

Pemasangan kapasitor pada saluran distribusi menyebabkan nilai daya reaktif saluran menjadi turun. Pengaruh pemasangan kapasitor terlihat seperti pada gambar 2.2

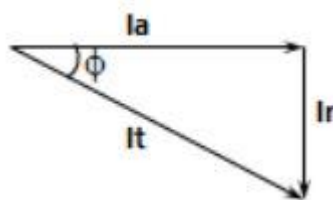


Gambar 2.2 Pengaruh Pemasangan Kapasitor pada Saluran Distribusi

Gambar 2.2 menunjukkan pengaruh pemasangan kapasitor terhadap rugi jaringan daya aktif. Daya saluran yang semula sama dengan daya reaktif beban dikurangi dengan daya reaktif kapasitor sehingga daya reaktif saluran berkurang. Daya reaktif saluran menyebabkan arus reaktif (I_r) menjadi berkurang seperti pada persamaan 2.9.

$$Q = V \times I_r \times \sin\phi \quad (2.9)$$

Gambar 2.3 merupakan segitiga arus. Gambar 2.3 juga menunjukkan pengaruh arus reaktif (I_r) terhadap arus total (I_t).



Gambar 2.3 Segitiga Arus

Arus total (I_t) didapatkan dari jumlah arus reaktif (I_r) dan arus aktif (I_a). persamaan untuk mencari arus total seperti pada persamaan 2.10.

$$I_t = \sqrt{I_a^2 + I_r^2} \quad (2.10)$$

Arus yang mengalir pada saluran adalah arus total (I_t). Rugi jaringan daya aktif didapatkan dari persamaan 2.11.

$$P_{loss} = I_t^2 \times R \quad (2.11)$$

Pemasangan kapasitor pada saluran distribusi menyebabkan daya reaktif saluran berkurang. Daya reaktif berkurang menyebabkan arus reaktif pada saluran berkurang. Arus reaktif berkurang menyebabkan arus total yang mengalir pada saluran berkurang. Sehingga rugi saluran akan berkurang karena arus total berkurang.

2.5. *Distributed Generation (DG) atau Pembangkit Tersebar*

Distributed Generation atau pembangkit tersebar merupakan pembangkit energi listrik berskala kecil yang dihubungkan pada sistem distribusi dan biasanya terhubung pada bus yang langsung menyuplai pusat beban atau pada gardu induk distribusi. Fungsi dari pemasangan pembangkit tersebar adalah mengurangi rugi daya pada sistem, memperbaiki profil tegangan, meningkatkan stabilitas tegangan, meningkatkan keamanan sistem, mengurangi biaya investasi untuk pembangunan pembangkit baru, dan menaikkan keandalan sistem [6]. Berdasarkan fungsinya terdapat dua macam pembangkit tersebar, yaitu sebagai *stand by unit* untuk mengantisipasi apabila terjadi pemutusan dari suplai daya dan sebagai *peacking unit* atau

pembangkit tambahan yang dapat tersambung pada saat terjadinya beban puncak.

International Council on Large Electric System (CIGRE) dan *Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)* mendefinisikan pembangkit tersebar sebagai pembangkit yang menghasilkan energi listrik berkapasitas lebih kecil jika dibandingkan dengan pembangkit konvensional dan dapat dihubungkan hampir di setiap titik sistem tenaga listrik dengan kapasitas dibawah 10 MW.

Berdasarkan jenis daya yang diinjeksikan ke sistem distribusi pembangkit tersebar dibedakan menjadi [6]:

- a. Pembangkit tersebar yang hanya menginjeksi daya aktif. Seperti *photovoltaic, fuel cells, micro turbin* dengan faktor daya sama dengan 1.
- b. Pembangkit tersebar yang hanya menginjeksi daya reaktif. Seperti kompensator sinkron
- c. Pembangkit tersebar yang menginjeksi daya aktif dan juga daya reaktif. Seperti generator sinkron.
- d. Pembangkit tersebar yang menginjeksi daya reaktif dan disaat yang sama juga menyerap daya reaktif dari sistem. Seperti generator induksi.

Berdasarkan besarnya kapasitas yang dihasilkan, pembangkit tersebar dibedakan menjadi [7]:

- a. Pembangkit Tersebar Mikro
Pembangkit tersebar dengan kapasitas daya antara 1 W sampai 5kW.
- b. Pembangkit Tersebar Kecil

Pembangkit tersebar dengan kapasitas daya antara 5 kW sampai 5 MW.

c. Pembangkit Tersebar Sedang

Pembangkit tersebar dengan kapasitas daya antara 5 MW sampai 50 MW.

d. Pembangkit Tersebar Besar

Pembangkit tersebar dengan kapasitas daya antara 50 MW sampai 300 MW.

Instalasi Pembangkit tersebar yang kurang baik seperti lokasi penempatan dan kapasitas dari pembangkit tersebar yang kurang tepat dapat menyebabkan kerugian seperti peningkatan rugi-rugi daya, merusak tegangan, proteksi, harmonic, dan stabilitas [8]. Untuk itu diperlukan metode optimasi untuk menentukan lokasi penempatan dan kapasitas dari pembangkit tersebar. Pada penelitian ini menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO).

2.6. *Particle Swarm Optimization* (PSO)

Particle Swarm Optimization (PSO) merupakan sebuah metode optimasi yang berdasarkan pada *swarm intelligence* (kecerdasan kelompok) atau disebut algoritma *behaviorally inspired* yang dapat digunakan sebagai alternatif dari algoritma genetika. Dalam optimasi multivariabel seperti PSO, kawanan dianggap memiliki ukuran tertentu dan posisi yang acak untuk setiap partikel dalam ruang multidimensi. Setiap partikel pada PSO dianggap memiliki 2 karakter, yaitu : posisi dan kecepatan. Masing-masing partikel akan mengingat posisi terbaik yang sudah dilalui sebelumnya [9].

Algoritma PSO diperkenalkan oleh Kennedy dan Eberhart pada tahun 1995, proses algoritmanya terinspirasi dari tingkah laku social pada sekawanan

burung (*swarm*) 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 (*Intellegency*) sendiri dan juga dipengaruhi kelompok kolektifnya.

Dengan demikian, jika suatu partikel atau seekor burung menemukan jalan yang tepat (optional) 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 [10]:

- 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 representasi 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 optimasi yang menentukan arah dimana suatu *particle* diperlukan untuk berpindah (*move*) untuk memperbaiki posisinya semula.

Langkah-langkah dari program PSO adalah sebagai berikut :

1. Menentukan ukuran swarm, dan kecepatan partikel secara acak.
2. Mengevaluasi nilai fungsi tujuan pada setiap partikel.
3. Menentukan nilai Pbest dan Gbest awal.
4. Menghitung kecepatan iterasi selanjutnya dengan menggunakan persamaan 2.12.

$$V_j(i) = kwV_j(i-1) + c_1r_1[P_{bestj} - X_j(i-1)] + c_2r_2[G_{bestj} - X_j(i-1)] \quad (2.12)$$

Dimana :

V = kecepatan

i = iterasi ke-...

$j = 1, 2, 3, 4, 5, \dots, n$

r_1 dan r_2 = bilangan random/variabel acak

c_1 dan c_2 = faktor percepatan atau *acceleration factor*, yang nilainya berkisar antara 0,2 - 1

k dinyatakan dengan persamaan

$$k = \frac{2}{2 - \varphi - \sqrt{\varphi^2 - 4\varphi}} \quad (2.13)$$

Dengan nilai

$\varphi = c_1 + c_2$ dan $\varphi > 4$

5. Menentukan posisi partikel pada iterasi selanjutnya menggunakan persamaan 2.14.

$$X_j(i) = X_j(i-1) + V_j(i) \quad (2.14)$$

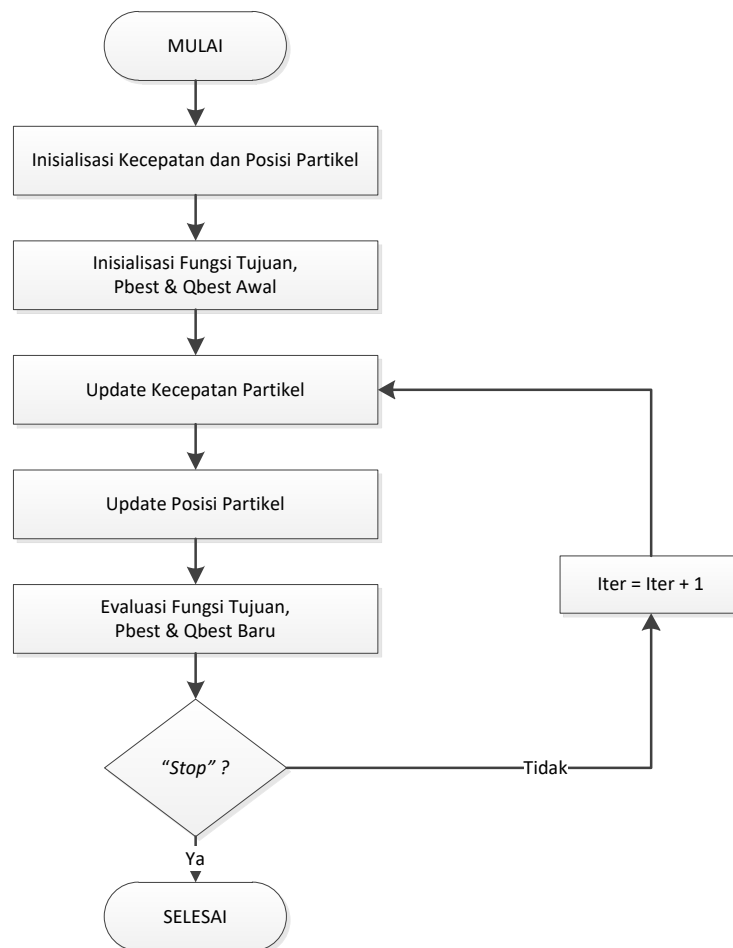
Dimana :

X_j : Posisi partikel pada iterasi selanjutnya

V_j : Kecepatan pada iterasi selanjutnya

6. Mengevaluasi fungsi tujuan pada itersi selanjutnya.
7. Memperbaharui nilai Pbest dan Gbest.
8. Melakukan pengecekan apakah solusi dari optimasi sudah optimal atau belum. Jika sudah mendapatkan hasil optimal, maka proses algoritma akan berhenti, tetapi jika hasil yang didapat belum optimal maka proses akan diulang kembali pada langkah nomor 4.

Gambar 2.4 menunjukkan langkah-langkah dari program PSO:



Gambar 2.4 Diagram Alir Program PSO

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dan penulisan skripsi ini dilaksanakan pada April 2019 – Juni 2019 di Laboratorium Terpadu Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan selama proses penelitian dan penulisan skripsi ini adalah:

1. Satu unit laptop sebagai media simulasi.
2. Perangkat lunak MATLAB R2014a sebagai perangkat lunak untuk simulasi.
3. Perangkat lunak Ms. Word 2010 dan Ms. Excel 2010 sebagai perangkat lunak untuk penulisan skripsi.

4. Data bus beban, data saluran, data bus generator, serta *single line diagram* sistem distribusi 20 kV penyulang Kopi di gardu induk Bukit Kemuning sebagai bahan penelitian ini.

3.3 Tahapan Pengerjaan Skripsi

Dalam menyelesaikan skripsi ini penulis melakukan beberapa tahapan yaitu:

3.3.1. Mengidentifikasi Masalah

Pada tahap ini penulis mengidentifikasi permasalahan pada sistem kelistrikan khususnya yang terjadi di Provinsi Lampung untuk memperoleh topik yang akan dibahas. Topik penelitian yaitu mengenai penentuan lokasi penempatan dan kapasitas dari kapasitor dan pembangkit tersebar untuk mengurangi rugi-rugi daya dan memperbaiki profil tegangan di setiap bus pada sistem distribusi 20 kV pada Penyulang Kopi di Gardu Induk Bukit Kemuning.

3.3.2. Studi Literatur

Setelah mendapatkan permasalahan dan topik yang akan dibahas, tahap selanjutnya adalah studi literatur. Pada tahap ini penulis mengumpulkan dan mempelajari materi-materi yang berkaitan dengan topik yang akan dibahas baik yang bersumber dari buku, skripsi yang berkaitan, jurnal ilmiah, dll.

3.3.3. Studi Bimbingan

Dalam menambah wawasan penulis tentang materi dan menyelesaikan permasalahan yang dihadapi. Penulis melakukan studi bimbingan dengan cara bertanya dan berdiskusi dengan dosen pembimbing.

3.3.4. Pembuatan Program

Setelah mendapatkan beberapa referensi dan melakukan bimbingan dengan dosen pembimbing. Penulis melakukan tahap pembuatan program pada perangkat lunak MATLAB R2014a. Program optimasi yang dibuat mempunyai fungsi objektif yaitu meminimalisir nilai rugi-rugi daya pada sistem distribusi dan memenuhi fungsi kendala yaitu letak kapasitor dan pembangkit tersebar berjumlah 1 dengan besar kapasitor yang akan dipasang kisaran 50 KVAR sampai 400 KVAR dan besar pembangkit tersebar kisaran 0 MVA sampai 2,5 MVA.

3.3.5. Pengambilan dan Pengolahan Data

Dalam skripsi ini penulis melakukan pengambilan data yang akan diolah dan dianalisis dengan perangkat lunak. Data yang diambil adalah:

- Data bus beban pada penyulang Kopi.
- Data impedansi tiap saluran pada penyulang Kopi.
- Data bus generator.
- *Single Line Diagram* penyulang Kopi.

Kemudian data-data tersebut akan diolah menggunakan program yang telah dibuat dengan tujuan mencari lokasi penempatan dan kapasitas optimal kapasitor dan pembangkit tersebar untuk mengurangi rugi-rugi daya total pada penyulang kopi.

3.3.6. Pembuatan Laporan

Tahap akhir dalam menyelesaikan skripsi ini adalah pembuatan laporan. Sebagai bentuk pertanggungjawaban penulis terhadap

penelitian yang telah dilakukan, penulis membuat laporan yang dikerjakan dalam 2 tahap yaitu, laporan awal yang digunakan pada seminar proposal dan laporan akhir yang digunakan pada seminar hasil.

3.4 Optimasi Lokasi Penempatan dan Kapasitas dari Kapasitor serta Pembangkit Tersebar

Pada penelitian ini, penulis merancang program simulasi optimasi lokasi penempatan dan kapasitas kapasitor dan pembangkit tersebar untuk mengurangi rugi-rugi daya pada suatu sistem distribusi dengan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO). Program simulasi ini secara umum dirancang dalam tiga tahap, pertama yaitu menentukan kondisi awal sistem, tahap selanjutnya adalah optimasi lokasi penempatan dan kapasitas kapasitor dan pembangkit tersebar, dan tahap terakhir menampilkan kondisi sistem setelah penempatan dan penentuan kapasitas kapasitor. Secara Umum prosedur perancangan program dapat dilihat pada Gambar 3.2.

Terdapat beberapa pemodelan optimisasi untuk penentuan lokasi dan kapasitas dari kapasitor serta pembangkit tersebar dengan fungsi objektif dan fungsi kendala yang berbeda-beda. Fungsi objektif pada penelitian ini adalah mendapatkan nilai rugi daya pada saluran distribusi yang minimum dengan memenuhi beberapa fungsi kendala, yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

Fungsi Objektif Sistem adalah meminimisasi rugi-rugi daya aktif, yakni:

$$\min F = (P_{loss}) \quad (3.1)$$

Dimana P_{loss} adalah rugi rugi daya

Dengan Fungsi Kendala (*Constraint*):

- a. Lokasi kapasitor dan pembangkit tersebar ditempatkan di antara atau sama dengan bus 2 dan bus maksimum suatu penyulang,

$$2 \leq n_{best} \leq n_{max} \quad (3.2)$$

Dimana:

n_{best} adalah lokasi optimum kapasitor dan pembangkit tersebar, yaitu pada bus ke-...

n_{max} adalah lokasi bus maksimum suatu penyulang.

- b. Nilai kapasitas kapasitor besarnya adalah diantara atau sama dengan nilai minimum dan nilai maksimum yang ditentukan,

$$Q_{Cmin} \leq Q_{Cbest} \leq Q_{Cmax} \quad (3.3)$$

Dimana:

Q_{Cmin} adalah kapasitas minimum kapasitor yang ditentukan

Q_{Cbest} adalah kapasitas optimum kapasitor

Q_{Cmax} adalah kapasitas maksimum kapasitor yang ditentukan

- c. Kapasitas pembangkit tersebar besarnya adalah diantara atau sama dengan nilai minimum dan nilai maksimum yang ditentukan,

$$DG_{min} \leq DG_{best} \leq DG_{max} \quad (3.4)$$

Dimana:

DG_{min} adalah kapasitas minimum pembangkit tersebar yang ditentukan

DG_{best} adalah kapasitas optimum pembangkit tersebar

DG_{max} adalah kapasitas maksimum pembangkit tersebar yang ditentukan

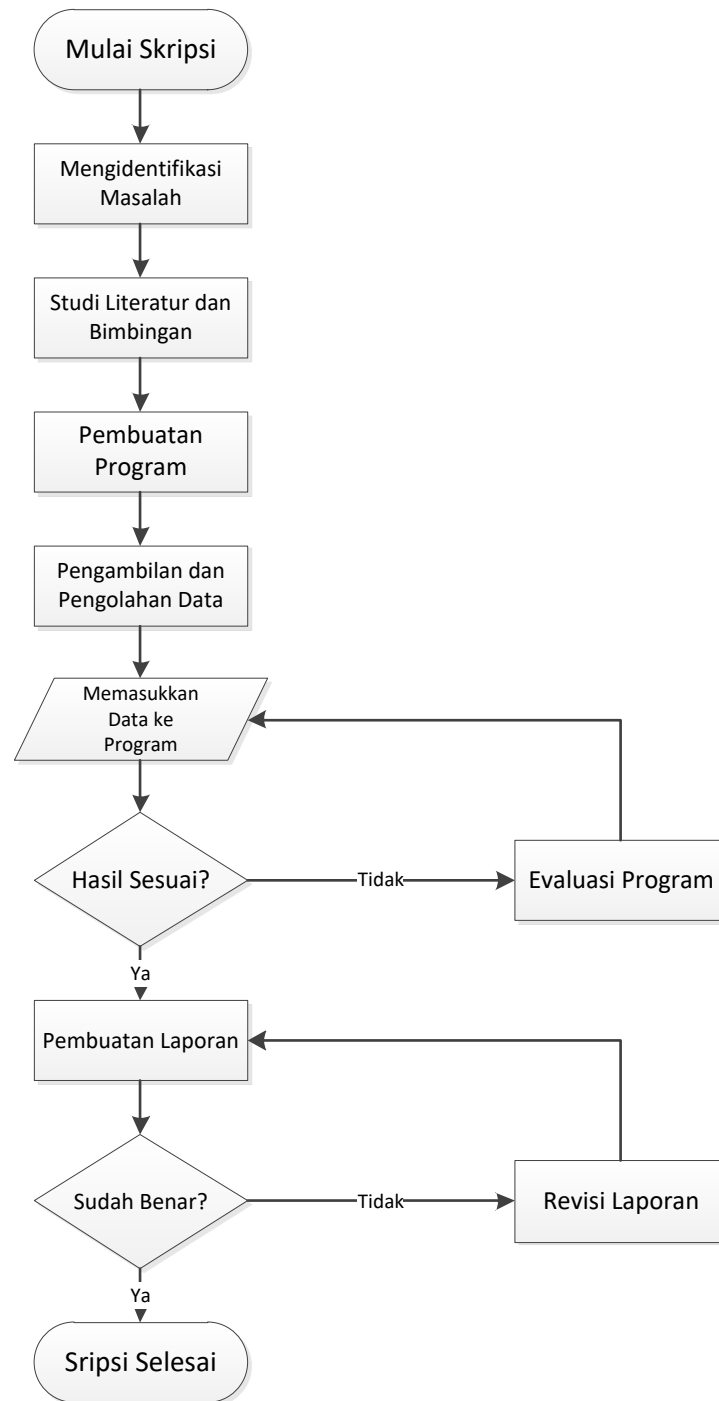
Pada penelitian ini ditentukan fungsi kendala yaitu, posisi kapasitor dan pembangkit tersebar terletak diantara bus 2 dan bus 137, kapasitas kapasitor antara 50 KVAR sampai 400 KVAR, dan kapasitas pembangkit tersebar antara 0 MVA sampai 2,5 MVA, sehingga fungsi kendala penelitian ini dapat dirumuskan:

$$bus\ 2 \leq n_{best} \leq bus\ 137 \quad (3.5)$$

$$50\ KVAR \leq Qc_{best} \leq 400\ KVAR \quad (3.6)$$

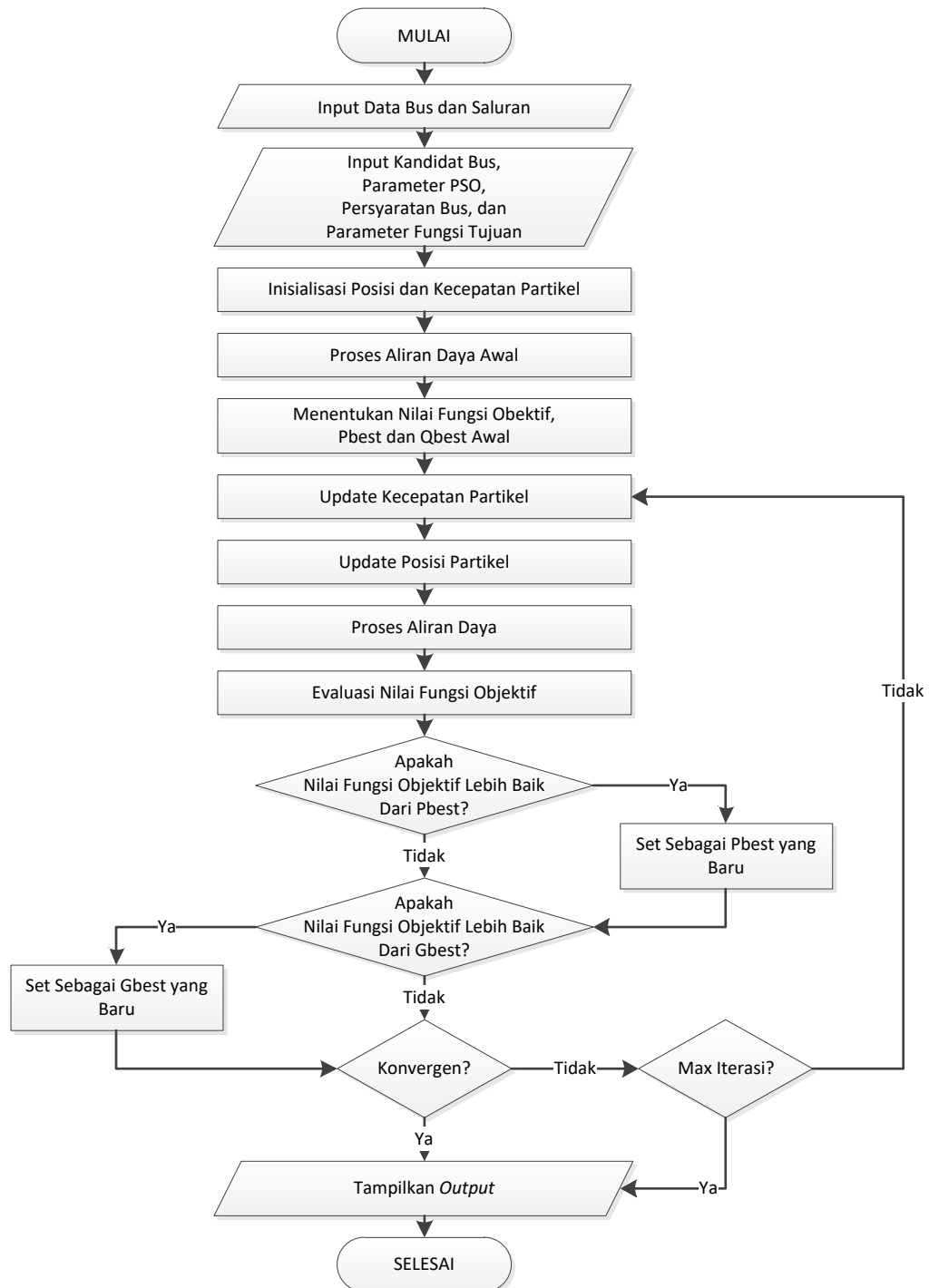
$$0 \leq DG_{best} \leq 2,5\ MVA \quad (3.7)$$

3.5 Diagram Alir Skripsi



Gambar 3.1 Diagram Alir Skripsi

3.6 Diagram Alir Program



Gambar 3.2 Diagram Alir Program Optimasi dengan Metode PSO

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Metode *Particle Swarm Optimization* untuk menentukan posisi dan kapasitas dari kapasitor serta pembangkit tersebar dapat meminimalkan rugi-rugi daya aktif pada Penyulang Kopi.
2. Metode yang digunakan juga dapat memperbaiki profil tegangan dari tegangan minimum 0,942 per unit menjadi 0,992 per unit untuk pembangkit tersebar dengan faktor daya 1 dan 0,991 untuk pembangkit tersebar dengan faktor daya 0,85 pada Penyulang Kopi.
3. Untuk mendapatkan hasil yang optimal kapasitor diletakkan pada bus 89 sebesar 0,4 MVar serta pembangkit tersebar diletakkan pada bus 76 sebesar 0,8819 MW untuk pembangkit tersebar dengan faktor daya 1 dan lokasi optimal kapasitor diletakkan pada bus 22 sebesar 0,25 MVar serta pembangkit tersebar diletakkan pada bus 89 sebesar 0,6840 MW untuk pembangkit tersebar dengan faktor daya 0,85 pada Penyulang Kopi.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian ini, saran yang dapat penulis berikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Dengan menggunakan metode PSO dapat dicari lokasi penempatan dan kapasitas dari kapasitor serta pembangkit tersebar dengan jenis atau tipe lainnya.
2. Penentuan lokasi penempatan dan kapasitas lebih dari satu kapasitor dan pembangkit tersebar juga dapat dipertimbangkan dengan metode yang sama.
3. Penentuan lokasi penempatan dan kapasitas kapasitor serta pembangkit tersebar juga dapat mempertimbangkan faktor-faktor lainnya selain minimisasi rugi-rugi daya aktif, seperti keandalan, biaya dan faktor lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C.Rochman, O. Penangsang, dan N. K. Aryani. 2017. “Manajemen Gangguan Jaringan Distribusi 20 kV Kota Surabaya berbasis Geographic Information System (GIS) menggunakan Metode Algoritma Genetika”. *J. Tek. ITS*. vol. 4, no.1.
- [2] T.-H. Chen, N.-C. Yang. 2009. “Three Phase Power Flow by Direct Zbr Method for Unbalance Radial Distribution System”. *IET Gener. Trans. Distrib.* Vol.3, Iss.10,pp.903-910.
- [3] M. A. Pai. 1979. “Computer Techniques in Power System Analysis”. New Delhi: *Tata Mc Graw – Hill Publishing Company*.
- [4] Sulasno. 1993. “Analisis Sistem Tenaga”. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- [5] Adel, Ragab, Abdel, Mohamed. 2016. “Optimal Capacitor Placement in Distribution System for Power Loss Reduction and Voltage Profile Improvement”. *IET Gener, Trans, Distrib.* Vol.10, Iss.5, pp. 1209-1221.
- [6] K. Mahesh, P. Nallagownden, and I. Elamvazuthi. 2016. “Advanced Pareto Front Non-Dominated Sorting Multi-Objective Particle Swarm Optimization for Optimal Placement and Sizing of Distributed Generation”. *Energies*, hal.1-23
- [7] A. M. Guseynov, B. S. Akhundov. 2006. “ Defining Impact of Distributed Generation on Power System Stability”. *Azerbaijan Scientific Research Institute of Energetic And Energy Design*. Hal.122-125.

- [8] N. P. Satriya Utama, R. S. Hartati, W. G. Ariastina. I. B. A. Swamardika, dan O. Penangsang. 2016. "A Review on Model of Integrating Renewable Distributed Generation into Bali's Power Distribution System: Issues, Challenges, and Possible Solution". *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.* Vol.4, no.2, hlm.245.
- [9] Handika, 2016."Perbandingan Metode Extreme Learning Machine dan Particle Swarm Optimization Extreme Learning Machine untuk Peramalan Jumlah Penjualan Barang". *Jurnal Teknik Elektro.* Vol.15. No.1.
- [10] J. Kennedy and R. Eberhart. 1995. "Particle Swarm Optimization". *IEEE Int Conf on Neural Network.* Perth, Australia. 1942-1948.