



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE141599

Minimisasi Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Radial 3 Fasa Menggunakan Genetika Algoritma Untuk Mendapatkan Lokasi Kapasitor Dan DG Yang Optimal

Dwi Setianto
NRP 2213105059

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.
Dr. Rony Seto Wibowo, ST., MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TE 141599

**Power Loss Minimization In 3 Phase Radial Distribution
Network Using Genetic Algorithm To Get Optimal
Capacitor And DG Location**

Dwi Setianto
NRP 2213105059

Supervisors
Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.
Dr. Rony Seto Wibowo, ST., MT.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty Of Industry Technology
Sepuluh Nopember Institute Of Technology
Surabaya 2015

**MINIMISASI RUGI DAYA PADA JARINGAN DISTRIBUSI
RADIAL 3 FASA MENGGUNAKAN GENETIKA ALGORITMA
UNTUK MENDAPATKAN LOKASI KAPASITOR DAN DG YANG
OPTIMAL**

TUGAS AKHIR

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

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc, Ph.D

Dr. Rony Seto Wibowo, ST., MT.

NIP.194907151974121001

NIP. 197411292000121001

**SURABAYA
JULI, 2015**

Minimisasi Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Radial 3 Fasa Menggunakan Genetika Algoritma Untuk Mendapatkan Lokasi Kapasitor Dan DG Yang Optimal

Dwi Setianto

NRP 2213105059

Dosen Pembimbing

Prof. Ontoseno Penangsang M.sc., Ph.d.

Dr. Rony Seto Wibowo, ST., MT.

ABSTRAK

Pada era ini kebutuhan energi semakin bertambah seiring dengan bertambahnya konsumen dan teknologi terutama pada kebutuhan energy listrik. Sistem distribusi listrik sangat berperan penting. Semakin banyaknya konsumen menyebabkan bertambah luasnya jaringan distribusi sehingga dapat menimbulkan rugi-rugi pada saluran distribusi. Untuk mengatasi hal ini maka dilakukan penambahan kapasitor dan *distribute generation* pada jaringan distribusi. Penambahan kapasitor berfungsi untuk mensuply daya reaktif sedangkan penambahan DG berfungsi untuk mensuply daya aktif pada jaringan. Hal ini diyakini dapat membantu untuk meminimalkan rugi-rugi yang terjadi pada jaringan. Penempatan dan penentuan besar dari DG dan kapasitor yang terpasang berpengaruh pada hasil. Untuk menentukan hal tersebut di gunakan metode GA (*Genetics algorithm*) yang merupakan salah satu metode yang sering digunakan untuk proses optimasi. Sehingga diperoleh rugi saluran yang minimal.

Dari hasil pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini dengan sistem distribusi radial IEEE 33 bus didapat penempatan 3 kapasitor pada bus 25,30,12 dan 3 buah DG pada bus 7,30,14. Dari penempatan didapatkan rugi daya sebesar 14.9299 KW dengan besar persentase pengurangan sebesar 92.63% dari rugi awal sebesar 202.7 KW.

Kata Kunci: kapasitor, Distributed Generation, Genetics Algorithm.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Power Loss Minimization In 3 Phase Radial Disretibution Network Using Genetic Algorithm To Get Optimal Capacitor And DG Location

Dwi Setianto

NRP 2213105059

Counsellor Lecturer

Prof. Ontoseno Penangsang M.sc., Ph.d.

Dr. Rony Seto Wibowo, ST., MT.

ABSTRACT

In this era of growing energy needs in line with increasing consumer and technology, especially in the electrical energy needs. Electrical distribution system is very important. The increasing number of consumers led to increased breadth of the distribution network so that it can lead to losses in the distribution channel. To overcome this, the addition of a capacitor and distribute generation on the distribution network. The addition of capacitors berfunsni to mensupply DG reactive power while the addition of functions to supply the power active on the network. It is believed to help to minimize the losses that occur on the network. Placement and determination of the DG and the capacitor are mounted effect on the outcome. To determine the method used GA (Genetics algorithm), which is one method that is often used for process optimization. Thus obtained line losses are minimal.

From the results of tests performed in this study with a radial distribution system IEEE 33 bus to come by placing 3 capacitors on the bus 25,30,12 and 3 pieces of DG on the bus 7,30,14. Obtained from the placement of the power losses amounted to 14.9299 KW with a large percentage of reduction of 92.63% of the initial loss of 202.7 KW.

Keywords: capacitor, Distributed Generation, Genetics Algorithm.

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat, taufik dan hidayah-Nya, sehingga penyusunan tugas akhir dengan judul **“Minimisasi Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Radial 3 Fasa Menggunakan Genetika Algoritma Untuk Mendapatkan Lokasi Kapasitor Dan DG Yang Optimal”** dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa selama proses penyusunan tugas akhir ini mengalami kendala-kendala, namun berkat nasihat, bimbingan, bantuan dari berbagai pihak dan berkah dari Allah SWT sehingga semua kendala yang ada dapat diatasi oleh penulis.

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak, ibu dan seluruh keluarga yang selalu mendukung penulis dalam menyelesaikan studi.
2. Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc, PhD dan Dr. Rony Seto Wibowo, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, motivasi, arahan dan saran-saran yang sangat berharga kepada penulis dalam menyusun tugas akhir.
3. Suyanto, MT. yang telah memberikan bimbingan, ilmu, serta nasihat selama penulis melaksanakan studi.
4. Pak Yun Tonce yang telah memberikan bimbingan, ilmu, tentang GA selama pembuatan program.
5. Nabella Nuansa Putewa, yang telah banyak memberikan dukungan, inspirasi, motivasi, serta doanya kepada penulis.
6. Keluarga Lab. B103 Rizki, Aris, Nizar, Irfan serta keluarga besar LJ ganjil 2013.
7. Seluruh dosen yang telah memberikan ilmunya selama studi, karyawan, dan keluarga besar Jurusan Teknik Elektro ITS.

Dengan segala kerendahan hati penulis menyadari terdapat banyak kekurangan, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan tugas akhir ini dari semua pihak.

Surabaya, Juli 2015
Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL	
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	
HALAMAN PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Permasalahan	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Metodologi Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
1.7 Relevansi	4
BAB II SISTEM DISTRIBUSI, <i>DISTRIBUTED GENERATION</i>, KAPASITOR dan ALGORITMA GENETIKA	5
2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....	5
2.1.1 Jaringan Distribusi Radial	8
2.1.2 Drop Tegangan	10
2.1.3 Rugi-Rugi Saluran	10
2.2 <i>Kapasitor</i>	11
2.3 <i>Distributed Generation</i>	12
2.3.1. Teknologi DG yang Dapat Dikembangkan di Indonesia .	14
2.4 Algoritma Genetika.....	15
2.4.1 Terminologi dalam Algoritma Genetika	15
2.4.2 Struktur Algoritma Genetika.....	17
2.4.3 Parameter Genetika.....	20
2.4.4 Operator Genetika	21
2.4.4.1 Cross Over.....	21
2.4.4.2 Mutasi	22

BAB III OPTIMASI PENENTUAN LOKASI DISTRIBUTED GENERATION DAN KAPASITOR DENGAN ALGORITMA GENETIKA	25
3.1 Persamaan Aliran Daya	25
3.2 Penerapan Metode Algoritma Genetika Untuk Optimasi Penempatan DG dan Kapasitor	26
3.3 Pembacaan Kondisi Awal	29
3.4 Pembangkitan Populasi Awal	29
3.4.1 Kromosom Penempatan DG	29
3.4.2 Kromosom Penempatan Kapasitor	30
3.4.3 Kromosom Penempatan Kapasitor dan DG	31
3.5 Dekode Kromosom	32
3.6 Evaluasi Fitness	32
3.7 Roulette Wheel	34
3.8 Cross Over	35
3.9 Mutasi	35
3.10 Elitism	36
BAB IV SIMULASI DAN ANALISIS	37
4.1 Data IEEE 33 bus	38
4.2 Simulasi Tanpa Pemasangan DG dan Kapasitor	41
4.3 Simulasi Penempatan DG Pada sistem Distribusi	45
4.4 Simulasi Penempatan Kapasitor Pada sistem Distribusi	50
4.5 Simulasi Penempatan DG dan Kapasitor Pada sistem Distribusi	55
BAB V PENUTUP	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN	67
RIWAYAT PENULIS	69

DAFTAR TABEL

HALAMAN

Tabel 2.1	Jenis distributed generation.....	14
Tabel 4.1	Data saluran sistem dan beban pada IEEE 33 bus	38
Tabel 4.2	Hasil simulasi aliran daya base case	41
Tabel 4.3	Tegangan base case	42
Tabel 4.4	Hasil simulasi penempatan 3 DG	45
Tabel 4.5	Tegangan setelah penempatan 3 DG	47
Tabel 4.6	Penempatan dan Kapasitas 3 DG	47
Tabel 4.7	Hasil simulasi penempatan 3 Kapasitor	50
Tabel 4.8	Tegangan setelah penempatan 3 Kapasitor	52
Tabel 4.9	Penempatan dan Kapasitas 3 Kapasitor	53
Tabel 4.10	Hasil simulasi penempatan 3 DG dan 3 Kapasitor	55
Tabel 4.11	Tegangan setelah penempatan 3 DG dan 3 Kapasitor ...	57
Tabel 4.12	Penempatan dan Kapasitas 3 DG 3 Kapasitor	57
Tabel 4.13	Perbandingan hasil simulasi	62

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

HALAMAN

Gambar 2.1	Sistem distribusi tenaga listrik	5
Gambar 2.2	Jaringan distribusi radial.....	6
Gambar 2.3	Jaringan distribusi tie line.....	7
Gambar 2.4	Jaringan distribusi loop.....	7
Gambar 2.5	Jaringan distribusi spindle.....	8
Gambar 2.6	Distribusi radial 70KV/20KV	8
Gambar 2.7	(a)Jaringan pasif (b) Jaringan aktif.....	13
Gambar 2.8	Ilustrasi Perbedaan Terminologi Dalam Algoritma Genetika.....	17
Gambar 2.9	Genetika algoritma secara umum	18
Gambar 3.1	Single – line diagram feeder utama	25
Gambar 3.2	Diagram alir algoritma genetika.....	28
Gambar 3.3	Konfigurasi kromosom penempatan DG	30
Gambar 3.4	Konfigurasi kromosom penempatan kapasitor	31
Gambar 3.5	Konfigurasi kromosom penempatan DG dan kapasitor ..	31
Gambar 3.6	Dekode kromosom	32
Gambar 3.7	Metode seleksi dengan <i>Roulette Wheel</i>	34
Gambar 4.1	<i>Single Line Diagram</i> sistem IEEE 33 bus	40
Gambar 4.2	Profil tegangan base case.....	44
Gambar 4.3	Rugi base case.....	44
Gambar 4.4	Profil tegangan optimasi 3 DG.....	48
Gambar 4.5	Rugi optimasi 3 DG.....	49
Gambar 4.6	Validasi profil tegangan 3 DG	50
Gambar 4.7	Profil tegangan optimasi 3 kapasitor	53
Gambar 4.8	Rugi optimasi 3 kapasitor	54
Gambar 4.9	Validasi profil tegangan 3 kapasitor	55
Gambar 4.10	Profil tegangan 3 DG dan 3 kapasitor.....	58
Gambar 4.11	Rugi optimasi 3 DG dan 3 kapasitor.....	59
Gambar 4.12	Validasi profil tegangan 3DG dan 3 kapasitor	60
Gambar 4.13	Perbandingan profil tegangan	61
Gambar 4.14	Perbandingan rugi daya	62

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini perkembangan sistem tenaga listrik semakin bertambah luas dan kompleks. Jaringan distribusi bertambah luas seiring dengan bertambahnya konsumen. Hal ini menambah kemungkinan terjadinya rugi-rugi pada jaringan distribusi. Rugi-rugi yang besar dapat menyebabkan bertambahnya biaya operasi pembangkitan listrik agar dapat melayani beban yang ada. Oleh sebab itu dilakukan perbaikan dengan menambahkan kapasitor dan DG(*distributed generation*).

Penentuan ukuran dan letak dari dua komponen ini menentukan efektivitasnya dalam mengatasi rugi-rugi saluran. Oleh sebab itu dalam tugas akhir ini bertujuan untuk mengoptimalkan penempatan dan penentuan besaran dalam pemasangan DG dan kapasitor. Metode yang digunakan untuk menentukan nilai yang paling optimal adalah dengan menggunakan metode *genetic algorithm* (GA). Metode ini merupakan metode pendekatan untuk menentukan suatu objek yang belum diketemukan fungsi matematisnya dan merupakan salah satu metode dalam mencari nilai optimum.

Pada judul TA yang sebelumnya juga telah dibahas mengenai penempatan DG saja dengan metode yang sama dengan penempatan satu buah kapasitor untuk membuktikan bahwa kapasitor dapat menaikkan tegangan, akan tetapi tidak dilakukan optimasi pada pemasangan kapasitor[3]. Pada TA sebelumnya juga dibahas mengenai penempatan dari kapasitor dengan menggunakan metode PSO[4]. Tetapi masih belum ditemukan judul TA yang membahas mengenai optimasi penempatan DG dan kapasitor bersama. Oleh sebab itu maka penulis mengajukan judul mengenai optimasi penempatan DG dan kapasitor secara bersama beserta penentuan ukuran dari DG dan kapasitor dengan tujuan untuk meminimalkan rugi-rugi daya pada saluran distribusi.

1.2 Tujuan

Tujuan dalam tugas akhir ini adalah menentukan lokasi penempatan kapasitor dan DG yang optimal untuk mengurangi rugi daya nyata pada sistem distribusi.

1.3 Permasalahan

Permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Penentuan lokasi dan ukuran dari DG dan kapasitor digunakan untuk meminimalkan rugi daya yang timbul pada saluran distribusi dengan menggunakan metode *genethic algorithm*
2. Membandingkan nilai rugi daya pada saat melakukan optimasi penempatan kapasitor saja atau penempatan DG saja ,kemudian saat melakukan optimasi secara bersama DG dan kapasitor.

1.4 Batasan Masalah

Untuk menyelesaikan masalah dalam tugas akhir ini, maka perlu diberi batasan-batasan sebagai berikut :

1. Menggunakan sistem distribusi IEEE 33 bus yang dimodelkan seimbang 3 fasa.
2. Simulasi menggunakan program Matlab 2009b.
3. Analisa dilakukan pada keadaan sistem steady state. yang optimal dari pemasangan DG dan kapasitor.
4. Analisa aliran daya tidak dibahas secara detail.
5. Fungsi objektif optimasi dengan tujuan meminimalkan rugi daya nyata pada saluran distribusi.
6. Memperhatikan kapasitas dan ukuran dari DG dan kapasitor

1.5 Metode Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini antara lain :

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan membaca buku, paper dan melakukan *browsing* mengenai metode *genetic algorithm* dan penerapannya pada beberapa kasus serupa. Disamping itu juga mempelajari Matlab dan

2. Pengumpulan Data
Data yang dikumpulkan meliputi data beban dari jaringan distribusi radial IEEE 33 bus, data resistansi dan reaktansi dari jaringan data hasil pengujian dengan metode yang berbeda, dan data-data lain yang diperlukan.
3. Permodelan Sistem
Melakukan pemodelan terhadap sistem jaringan distribusi radial yang dimodelkan pada Matlab dan memodelkan nya ke untuk penerapan optimasi menggunakan metode *genetic algorithm*. Program dimodelkan dalam flowchart dan kemudian diaplikasikan ke dalam program Matlab.
4. Simulasi dan Analisa
Melakukan simulasi pengujian dari pemasangan DG dan kapasitor ke sistem distribusi dan melakukan analisa perbedaan dari sebelum pemasangan dan sesudah pemasangan terutama dampak dari rugi-rugi saluran yang ditimbulkan.
5. Penyusunan Laporan
Penyusunan laporan dilakukan sebagai penggambaran kesimpulan dari tugas akhir ini. Kesimpulan tersebut merupakan jawaban dari permasalahan yang dianalisis. Selain itu juga akan diberikan saran sebagai masukan berkaitan dengan apa yang telah dilakukan.

1.6 Sistematika Penulisan

Penyusunan tugas akhir ini terdiri atas lima bab. Sistematika yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. BAB 1

Pendahuluan. Bab ini membahas tentang latar belakang masalah dalam pembuatan Tugas Akhir, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi, sistematika pembahasan, serta relevansi dan manfaat penulisan tugas akhir.

2. BAB 2
Dasar Teori. Bab ini secara garis besar membahas tentang teori sistem distribusi dan metode *genethic algorithm* yang digunakan sebagai dasar dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. BAB 3
Penempatan DG dan Kapasitor dengan Menggunakan Metode Genetic Algorithm. Bab ini membahas tentang penerapan dari metode *Genetic Algorithm* yang digunakan untuk menentukan letak dari DG dan Kapasitor pada jaringan. Serta membahas tentang penentuan ukuran kapasitor dan DG.
4. BAB 4
Simulasi dan Analisis . Bab ini membahas tentang hasil dari pemasangan DG atau kapasitor saja dalam jaringan dan hasil dari penempatan DG dan kapasitor yang ditempatkan secara simultan.
5. BAB 5
Penutup . Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil analisis penyelesaian rekonfigurasi serta penentuan lokasi kapasitor yang telah diperoleh melalui simulasi.

1.7 Relevansi

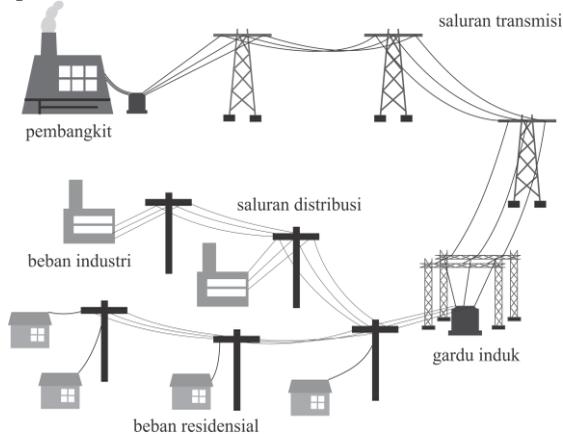
Hasil yang diperoleh dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Didapatkan penempatan DG dan kapasitor yang optimal pada sistem distribusi.
2. Menentukan besar kapasitas yang optimal untuk menghasilkan rugi-rugi daya yang minimal dan memenuhi batasan yang ditetapkan.
3. Menjadi referensi bagi mahasiswa lain yang hendak mengambil masalah yang serupa untuk tugas akhir berikutnya.

BAB II SISTEM DISTRIBUSI, DISTRIBUTED GENERATION, KAPASITOR, Dan ALGORITMA GENETIKA

2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Kebutuhan akan energi listrik saat ini merupakan sesuatu yang sangat penting bagi masyarakat, baik itu oleh rumah tangga ataupun oleh industri. Karena besarnya kebutuhan masyarakat akan energi maka dibangunlah pusat-pusat pembangkitan. Dari pusat pembangkit ini energy listrik disalurkan ke masyarakat selaku konsumen untuk dimanfaatkan. Pada umumnya pusat-pusat pembangkit tenaga listrik berlokasi jauh dengan beban yaitu konsumen, seperti di pingir laut, di pegunungan dan tempat-tempat lain dimana sumber-sumber energi primer. Oleh sebab itu maka diperlukannya proses distribusi untuk menyalurkan energy listrik hingga sampai ke beban.



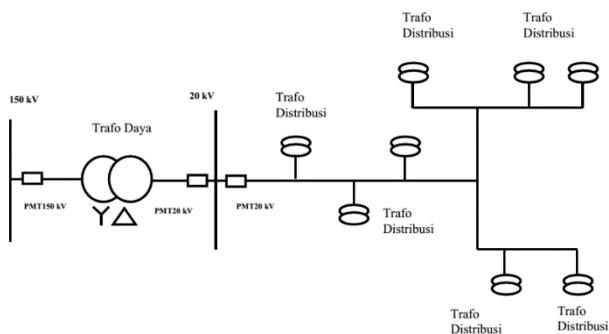
Gambar 2.1 Sistem distribusi tenaga listrik

Seperi dijelaskan pada gambar diatas hal pertama dalam proses distribusi energi listrik adalah energi yang telah dibangkitkan oleh pembangkit kemudian disalurkan melalui saluran transmisi untuk menyalurkan daya listrik menuju beban. Sehingga daya listrik harus disalurkan melewati saluran transmisi lalu menuju ke saluran

distribusi dan kemudian daya dikirimkan hingga sampai ke pelanggan. Pada saluran distribusi ini, beban didistribusikan secara merata dan sesuai dengan kebutuhan pelanggan. Jaringan distribusi terdiri dari beberapa jenis yaitu

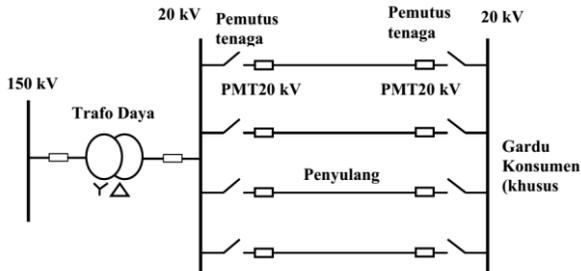
- Sistem radial
- Sistem hantaran penghubung (*tie line*)
- Sistem loop
- Sistem spindle

Jaringan distribusi radial adalah jaringan yang paling sederhana dan paling ekonomis. Pada sistem ini terdapat beberapa penyalang yang menyuplai beberapa gardu distribusi secara radial.



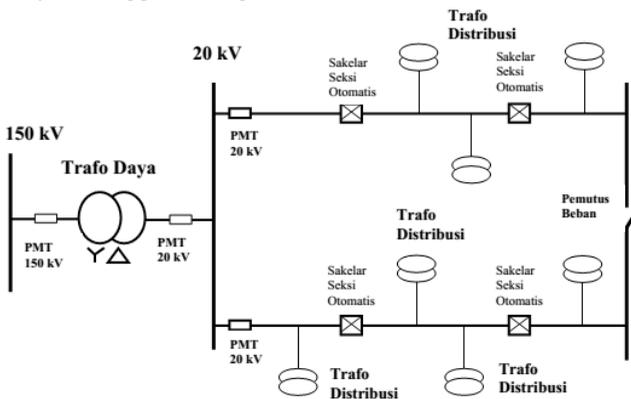
Gambar 2.2 Jaringan distribusi radial

Jaringan distribusi tie line adalah jaringan yang biasa digunakan untuk mensupply kebutuhan pelanggan yang tidak boleh padam. Dimana didalamnya terdapat komponen *Automatic Change Over Switch / Automatic Transfer Switch* dimana akan otomatis pindah penyalang apabila mengalami pemadaman



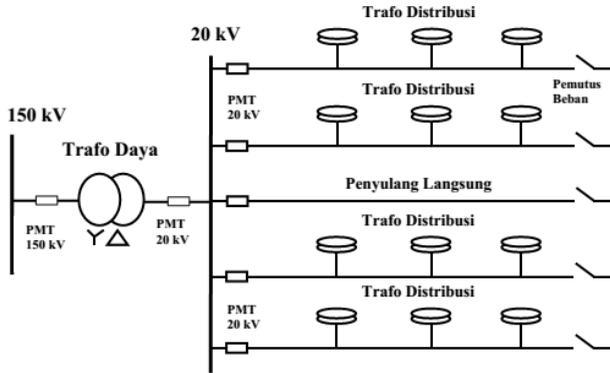
Gambar 2.3 Jaringan distribusi tie line

Jaringan loop atau biasa disebut ring adalah dimana jaringan yang memungkinkan adanya lebih dari satu gardu induk di dalamnya sehingga meningkatkan keandalan sistem.



Gambar 2.4 Jaringan distribusi loop

Jaringan spindle adalah pola kombinasi jaringan dari pola Radial dan Ring. Spindel terdiri dari beberapa penyulang (feeder) yang tegangannya diberikan dari Gardu Induk dan tegangan tersebut berakhir pada sebuah Gardu Hubung.

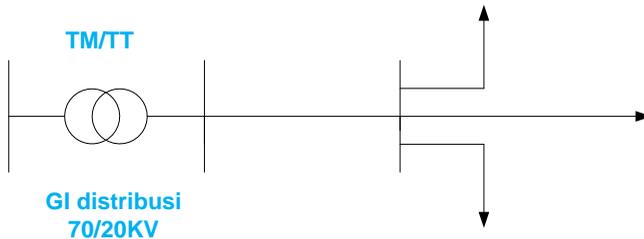


Gambar 2.5 Jaringan distribusi spindle

Pada tugas akhir ini mengambil plan jaringan dengan tipe radial yang merupakan tipe jaringan yang sering digunakan dalam sistem distribusi.

2.1.1 Jaringan Distribusi Radial

Bentuk jaringan ini merupakan bentuk yang paling sederhana, banyak digunakan dan murah. Dinamakan radial karena saluran ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu dan dicabang-cabangkan ke titik-titik beban yang dilayani



Gambar 2.6 Distribusi radial 70KV/20KV

Catu daya berasal dari satu titik sumber dan karena adanya pencabangan-pencabangan tersebut, maka arus beban yang mengalir disepanjang saluran menjadi tidak sama sehingga luas penampang konduktor pada jaringan bentuk radial ini ukurannya tidak sama karena arus yang paling besar mengalir pada jaringan yang paling dekat dengan gardu induk. Sehingga saluran yang paling dekat dengan gardu induk ini ukuran penampangnya relatif besar dan saluran cabang-cabangnya makin keujung dengan arus beban yang lebih kecil mempunyai ukuran konduktornya lebih kecil pula. Adapun kelebihan dan kekurangan dari system distribusi ini adalah sebagai berikut :

Kelebihan :

- Bentuknya sederhana.
- Biaya investasinya murah.

Kekurangan :

- Kualitas pelayanan dayanya relatif jelek, karena rugi tegangan dan rugi daya yang terjadi pada saluran relatif besar.
- Kontinuitas pelayanan daya kurang terjamin sebab antara titik sumber dan titik beban hanya ada satu alternatif saluran sehingga bila saluran tersebut mengalami gangguan maka akan mengalami "*black out*" secara total.

Untuk melokalisir gangguan pada bentuk radial ini biasanya dilengkapi dengan peralatan pengaman, fungsinya untuk membatasi daerah yang mengalami pemadaman total, yaitu daerah saluran sesudah atau dibelakang titik gangguan selama gangguan belum teratasi.

Jaringan distribusi radial dibagi menjadi beberapa macam antara lain yaitu :

1. Sistem Radial Pohon.
2. Sistem Radial dengan *Tie* dan *Switch* Pemisah.
3. Sistem Radial dengan Pembagian Fasa Area.
4. Sistem Radial dengan Pusat Beban.
5. Sistem Margerithe.

2.1.2 Drop Tegangan

Adanya beban dan impedansi pada saluran jaringan distribusi, menyebabkan adanya penurunan tegangan pada bus. Penurunan tegangan yang paling terlihat signifikan adalah pada saat terjadi beban puncak, hal ini dikarenakan, beban yang disuplai bertambah besar. Berdasarkan SPLN 72 .1987, penurunan tegangan yang diizinkan adalah sebesar 5% dari tegangan kerjanya. Dengan terdapatnya drop tegangan antar bus satu dengan bus yang lain yang besar maka arus yang melewati penghubung kedua bus akan besar dan menyebabkan rugi daya saluran yang besar pula.

2.1.3 Rugi Saluran

Daya listrik yang dikirim dan disalurkan dari gardu induk/trafo distribusi ke pemakai mengalami rugi tegangan dan rugi daya, ini disebabkan karena saluran distribusi mempunyai tahanan, induktansi, dan kapasitas. Karena saluran distribusi primer ataupun sekunder berjarak pendek maka kapasitas dapat diabaikan, dengan demikian dapat dibuat rangkaian ekivalen dari saluran distribusi.

Kerugian akibat pelembehan, pelembehan logam berpengaruh terhadap sedikit pada semua suhu dan merupakan fungsi suhu dan waktu. Bersamaan dengan penurunan batas tegangan tarik pada keadaan kumulatif. Pelembehan yang terlihat dan kerugian tegangan tarik tidak berpengaruh jika penghantar dalam batas yang dianjurkan. Pada keadaan tertentu harga – harga pada suatu tingkat umur yang ditaksir dapat ditentukan. Untuk para ahli perlu mengetahui hubungan antara suhu kerja, waktu suhu kerja dan penurunan kekuatan penghantaryang bersangkutan.

Kerugian akibat panas, jika suatu penghantar dialiri arus listrik secara terus – menerus maka akan menimbulkan panas, panas ini timbul akibat energi listrik yang mengalir pada penghantar tersebut. Semakin lama arus tersebut mengalir maka semakin panas penghantar tersebut dan semakin banyak energi listrik yang hilang karena energi tersebut berubah menjadi panas.

Kerugian akibat Jarak, jarak sangat berpengaruh pada keandalan jaringan karena semakin jauh atau semakin panjang penghantar listrik tersebut maka akan banyak tegangan listrik yang menghilang karena penghantar itu sendiri memiliki hambatan atau tahanan.

Cara yang biasa digunakan untuk mengatasi drop tegangan dan rugi-rugi pada saluran jaringan distribusi adalah dengan pemasangan kapasitor dan *distributed generation*.

2.2 Kapasitor

Kapasitor merupakan komponen kompensator yang berfungsi untuk memperbaiki faktor daya, sebagai pengatur tegangan maupun untuk mengurangi kerugian daya (*Ploss*) dan drop tegangan (*Vdrop*) pada jaringan. Fungsi lain dari kapasitor bank adalah untuk mengkompensasi daya reaktif yang sekaligus menjaga kualitas tegangan dan juga untuk meningkatkan efisiensi pada sistem dan umumnya pemakaian bank kapasitor memberikan keuntungan antara lain:

- a. Meningkatkan kemampuan pembangkitan generator.
- b. Meningkatkan kemampuan penyaluran daya pada jaringan transmisi.
- c. Meningkatkan kemampuan penyaluran daya gardu-gardu distribusi.
- d. Mengurangi rugi-rugi pada sistem distribusi.
- e. Menjaga kualitas tegangan pada sistem distribusi.
- f. Meningkatkan kemampuan feeder dan peralatan yang ada pada sistem distribusi.

Kapasitor tersusun dalam unit standar yang dihubungkan seri atau paralel untuk memperoleh rating tegangan dan kVA yang diinginkan. Hal-hal yang dipertimbangkan dari kapasitor adalah:

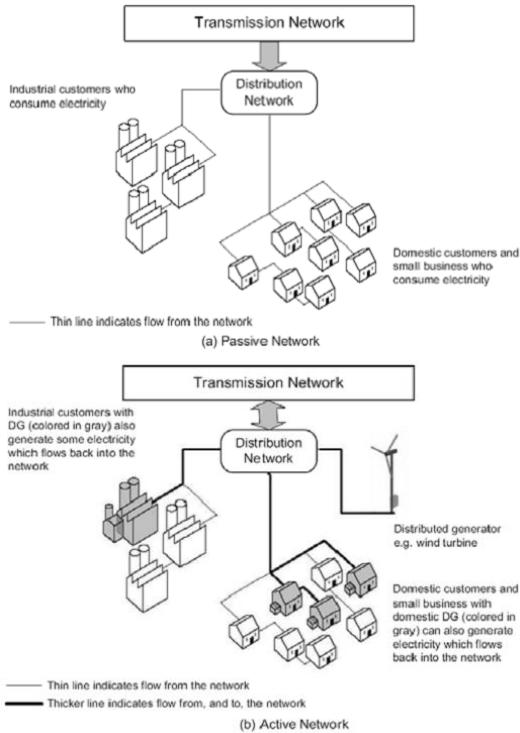
- a. Koefisien suhu dari komponen kapasitor.
- b. Daya reaktif per unit volume .
- c. Rugi-rugi daya.
- d. Reliability.
- e. Harga

Kapasitor mendapatkan daya reaktif yang besar per unit volume dengan cara memiliki losses yang rendah dan dengan dioperasikan pada tegangan tinggi. Untuk alasan ini maka untuk operasi yang lama pada tegangan lebih harus dihindari untuk mencegah terjadinya kerusakan dielektrik akibat panas. Penentuan rating daya reaktif kapasitor adalah hasil selisih faktor daya lama dan faktor daya baru dikalikan dengan daya semu total.

2.3 Distributed Generation

Distributed generation(DG) memiliki beberapa definisi yang berbeda tetapi memiliki maksud yang sama yaitu *distributed generation* (DG) adalah pembangkit tenaga listrik yang berdiri sendiri diluar pembangkit utama pada jaringan, kadang terhubung dengan sistem distribusi utama untuk memenuhi kebutuhan konsumen dan memiliki kapasitas pembangkitan lebih kecil daripada pembangkit energy listrik utama.

Pemasangan DG pada sistem distribusi biasa dilakukan untuk mengurangi drop tegangan yang dapat menyebabkan rugi-rugi daya pada saluran distribusi. Pada jaringan yang terhubung dengan DG biasa disebut dengan jaringan aktif dimana terdapat aliran daya yang mengalir menuju ke sistem jaringan.



Gambar 2.7 (a) Jaringan pasif (b) Jaringan aktif

Penempatan dan penentuan besar kapasitas dari DG sangat berperan penting dalam menangani rugi-rugi daya dan menaikkan profil tegangan pada sistem distribusi.

DG sendiri mulai banyak dikembangkan di beberapa negara. Dengan adanya DG yang menggunakan generator ukuran kecil dengan tingkat emisi yang rendah bahkan ada yang memiliki tingkat emisi hampir mendekati 0%. Hal ini dapat mendukung terlaksanakannya kebijakan tentang pengurangan jumlah emisi yang ditimbulkan dan kebijakan tentang merubah sistem monopoli energy listrik yang bersifat terpusat menjadi lebih kompeten dimana pihak lain juga dapat menjual energy listrik kepada konsumen sehingga

dapat menimbulkan persaingan dan dapat menekan harga energy listrik menjadi lebih murah.

Kapasitas dari pembangkitan DG beragam mulai dari 1 Watt hingga terbesar yaitu 300MW. Berikut ini merupakan klasifikasi DG berdasarkan kapasitas pembangkitang yang dimiliki

Tabel 2.1 Jenis distributed generation

Jenis DG	Kapasitas Pembangkitan
Micro DG (DG Mikro)	1 Watt – 5kW
Small DG (DG Kecil)	5kW – 5MW
Medium DG (DG sedang)	5MW – 50 MW
Large DG (DG Besar)	50MW – 300 MW

Adapun keuntungan yang dapat diambil dari penggunaan DG antara lain yaitu :

1. DG yang pemasangannya berada dekat dengan daerah beban dapat meningkatkan keandalan dalam pemanfaatan daya.
2. DG sebagai sumber energi lokal dapat membantu untuk penghematan daya
3. Dibandingkan dengan *power plants*, DG memiliki efesiensi yang lebih tinggi dalam penyaluran daya. Selain itu, bila dikoneksikan pada jaringan, DG dapat meningkatkan efesiensi sistem karena DG membantu mengurangi rugi-rugi pada sistem.
4. Dalam memproduksi energi listrik, DG bersifat ramah lingkungan. Emisi yang dihasilkan dari produksi energi listrik oleh DG tergolong rendah, bahkan mendekati nol

2.3.1 Teknologi DG yang Dapat Dikembangkan di Indonesia

Melihat dari kondisi alam dan ketersediaan sumber yang ada di Indonesia, Indonesia memiliki potensi untuk pemasangan DG. Beberapa jenis teknologi DG yang dapat dikembangkan di Indonesia adalah mikrohidro, bahan bakar nabati, biomassa, energi angin, tenaga surya, energi hybrid (angin dan surya), pasang surut, dan panas bumi.

2.4 Algoritma genetika(AG)

Algoritma genetika ini ditemukan oleh John Holland dan dikembangkan oleh muridnya David Goldberg. Algoritma Genetika adalah algoritma yang memanfaatkan proses seleksi alamiah yang dikenal dengan proses evolusi. Dalam proses evolusi, individu secara terus-menerus mengalami perubahan gen untuk menyesuaikan dengan lingkungan hidupnya. “Hanya individu-individu yang kuat yang mampu bertahan”. Proses seleksi alamiah ini melibatkan perubahan gen yang terjadi pada individu melalui proses perkembangbiakan. Dalam algoritma genetika ini, proses perkembang-biakan ini menjadi proses dasar yang menjadi perhatian utama, dengan dasar berpikir:

“ Bagaimana mendapatkan keturunan yang lebih baik”.

Keberagaman pada evolusi biologis adalah variasi dari kromosom antar individu organisme. Variasi kromosom akan mempengaruhi laju reproduksi dan tingkat kemampuan organisme untuk tetap hidup.

Algoritma genetika digunakan untuk menemukan nilai yang paling optimal dari suatu fungsi. Dengan menggunakan prinsip evolusi yang ada di alam, dalam AG memiliki istilah-istilah yang sama dengan proses seleksi ilmiah yang ada di alam.

2.4.1 Terminologi dalam Algoritma Genetika

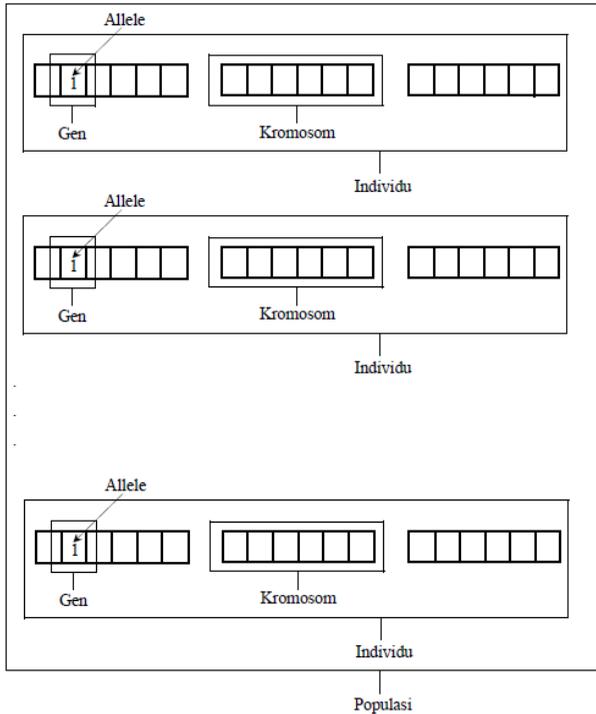
Penggunaan algoritma genetika banyak mengambil istilah dari disiplin ilmu biologi dan komputer, karena ide awal dari algoritma tersebut merupakan teori evolusi dan seleksi yang terjadi di alam. Beberapa terminologi penting dalam algoritma genetika dalam mendefinisikan individu untuk membangun penyelesaian permasalahan adalah sebagai berikut :

- a. **Kromosom**, Sekumpulan gen yang membentuk satu kesatuan nilai. Dari model kromosom inilah AG dapat dibedakan menjadi AG kromosom biner, kromosom float dan kromosom

kombinatorial. Model AG sangat ditentukan oleh nilai dari setiap gennya.

- b. Genotype (Gen)**, Elemen terkecil yang menyatakan nilai parameter dari individu didalam AG. Terdapat berbagai macam jenis gen biner, gen float dan gen string atau kombinasi.
- c. Individu**, Satu kesatuan kromosom yang menyatakan satu kemungkinan penyelesaian.
- d. Allele**, Nilai yang dimasukkan pada gen.
- e. Genotype**, Sekumpulan *string* yang merupakan hasil perkawinan dan berpotensi untuk menjadi solusi akhir dari kombinasi kromosom.
- f. Populasi**, Sekumpulan individu yang menjadi dasar dari pengolahan seleksi alamiah.
- g. Generasi**, Satu pengulangan (*loop*) dari proses seleksi alamiah yang dimulai dari satu populasi hingga membentuk populasi baru.
- h. Nilai fitness**, menyatakan seberapa baik nilai dari suatu individu atau solusi yang didapatkan dimana setiap individu memiliki satu nilai fitness

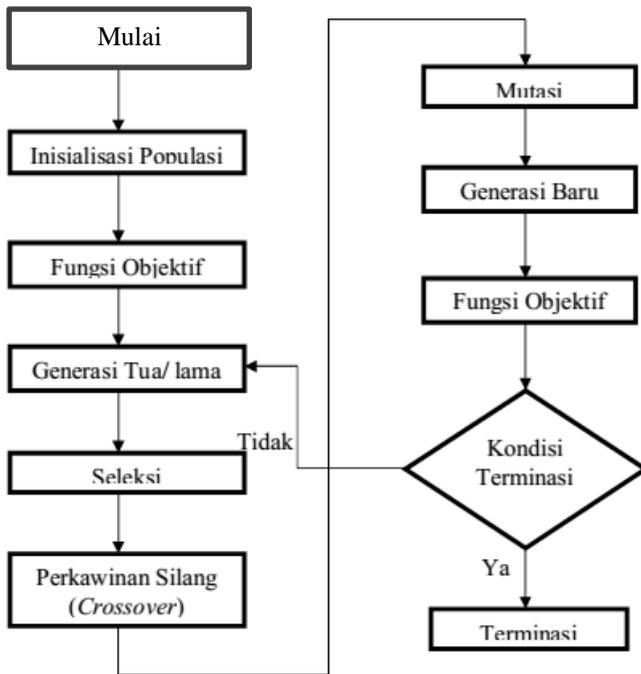
Ilustrasi dari beberapa terminologi dalam AG diatas, ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.8 Ilustrasi Perbedaan Terminologi Dalam Algoritma Genetika

2.4.2 Struktur Algoritma Genetik

Algoritma genetika menirukan prinsip evolusi secara biologis yang terdapat di alam untuk mendapatkan hasil yang terbaik. Secara umum algoritma genetika dapat digambarkan sebagai berikut



Gambar 2.9 Genetika algoritma secara umum

Secara bentuk umum urutan dari genetika algoritma adalah sebagai berikut :

1. Membangkitkan populasi awal

Populasi awal ini dibangkitkan secara random sehingga didapatkansolusi awal. Populasi itu sendiri terdiri atas sejumlah kromosom yang merepresentasikan solusi yang diinginkan.

2. Membentuk generasi baru

Untuk membentuk generasi baru, digunakan operator reproduksi/ seleksi, *crossover* dan mutasi. *Crossover* adalah

menmindah silang anatar 2 induk untuk mendapatkan 2 keturunan yang baru. Mutasi adalah merubah satu atau beberapa alel pada kromosom untuk membentuk individu baru. Dan seleksi adalah proses pemilihan orang tua yang akan mengalami evolusi. Ada beberapa proses seleksi yang biasa digunakan yaitu seleksi roda rolet (roulette wheel selection), seleksi ranking (rank selection) dan seleksi turnamen (tournament selection).

Proses ini dilakukan berulang-ulang sehingga didapatkan jumlah kromosom yang cukup untuk membentuk generasi baru dimana generasi baru ini merupakan representasi dari solusi baru. Generasi baru ini dikenal dengan istilah anak.

3. Evaluasi solusi

Pada tiap generasi, kromosom akan melalui proses evaluasi dengan menggunakan alat ukur yang dinamakan fitness. Nilai dari fitness ini didapatkan dari fungsi fitness yang telah ditetapkan sebelumnya. Dimana pada tugas akhir ini fungsi fitness adalah fungsi untuk meminimalkan rugi daya.

Nilai fitness suatu kromosom menggambarkan kualitas kromosom dalam populasi tersebut. Proses ini akan mengevaluasi setiap populasi dengan menghitung nilai fitness setiap kromosom dan mengevaluasinya sampai terpenuhi kriteria berhenti. Bila kriteria berhenti belum terpenuhi maka akan dibentuk lagi generasi baru dengan mengulangi langkah 2. Beberapa kriteria berhenti sering digunakan antara lain: berhenti pada generasi tertentu, berhenti setelah dalam beberapa generasi berturut-turut didapatkan nilai fitness tertinggi tidak berubah, berhenti dalam n generasi tidak didapatkan nilai fitness yang lebih tinggi.

2.4.3 Parameter Genetika

Dalam genetika algoritma terdapat beberapa parameter yang harus diperhatikan untuk mendapatkan nilai fitness terbaik. Parameter tersebut yaitu adalah :

1. Probabilitas Persilangan (*Crossover Probability*)

Menunjukkan kemungkinan *crossover* terjadi antara 2 kromosom. Jika tidak terjadi *crossover* maka keturunannya akan sama persis dengan kromosom orangtua, tetapi tidak berarti generasi yang baru akan sama persis dengan generasi yang lama. Jika probabilitas *crossover* 100% maka semua keturunannya dihasilkan dari *crossover*. *Crossover* dilakukan dengan harapan bahwa kromosom yang baru akan lebih baik

2. Probabilitas Mutasi (*Mutation Probability*)

Menunjukkan kemungkinan mutasi terjadi pada gen-gen yang menyusun sebuah kromosom. Jika tidak terjadi mutasi maka keturunan yang dihasilkan setelah *crossover* tidak berubah. Jika terjadi mutasi bagian kromosom akan berubah. Jika probabilitas 100%, semua kromosom dimutasi. Jika probabilitasnya 0%, tidak ada yang mengalami mutasi.

3. Jumlah Individu

Menunjukkan jumlah kromosom yang terdapat dalam populasi (dalam satu generasi). Jumlah dari individu ini mempengaruhi variasi hasil dari AG. Semakin banyak variasi maka kemungkinan untuk menemukan hasil yang paling optimal semakin besar.

4. Jumlah Generasi

Menentukan jumlah populasi atau banyaknya generasi atau iterasi yang dihasilkan, digunakan sebagai batas akhir proses seleksi, persilangan dan mutasi

2.4.4 Operator Genetika

Pada algoritma genetika terdapat operator-operator yang mewakili terjadinya evolusi di alam yang diterapkan pada algoritma ini. Operator operator tersebut adalah seleksi, crossover dan mutasi

2.4.4.1 Cross Over

Cross Over (Pindah Silang) merupakan salah satu operator dalam algoritma genetika yang melibatkan dua induk untuk menghasilkan keturunan yang baru. *Cross over* dilakukan dengan melakukan pertukaran gen dari dua induk secara acak. Proses *cross over* dilakukan pada setiap individu dengan probabilitas *cross over* yang ditentukan.

Ada beberapa jenis metode *cross over* yang biasa diterapkan dalam algorithm genetika yaitu

1. *Cross over* satu titik

Yaitu membagi 2 kromosom dari orang tua kemudian saling memindah silangkan. Sehingga didapat 2 anak yang berbeda kromosom.

induk 1 : 0 1 1 1 0 | 0 1 0 1 1 1 0

induk 2 : 1 1 0 1 0 | 0 0 0 1 1 0 1



anak 1 : 0 1 1 1 0 | 0 0 0 1 1 0 1

anak 2 : 1 1 0 1 0 | 0 1 0 1 1 1 0

2. *Cross over* 2 titik

crossover ini dilakukan dengan memilih dua titik *crossover*. Kromosom keturunan kemudian dibentuk dengan barisan bit dari awal kromosom sampai titik *crossover* pertama disalin dari orangtua pertama

induk 1 : **11001011**

induk 2 : 11 **011111**



anak 1 : **11011111**

anak 2 : 11001011

3. *Cross over* seragam

Crossover seragam menghasilkan kromosom keturunan dengan menyalin bit-bit secara acak dari kedua orangtuanya

induk 1 : **11001011**

induk 2 : 110**11111**



anak 1 : **11011111**

anak 2 : 11001011

2.4.4.2 Mutasi

Mutasi Gen merupakan operator yang menukar nilai gen dengan nilai inversinya, misalnya gennya bernilai 0 menjadi 1. Setiap individu mengalami mutasi gen dengan probabilitas mutasi yang ditentukan. Mutasi dilakukan dengan memberikan nilai inversi atau menggeser nilai gen pada gen yang terpilih untuk dimutasikan

Ada beberapa jenis mutasi yang biasa digunakan di AG yaitu :

- Mutasi dalam kode biner, yaitu mutasi dengan merubah nilai invers dari satu atau lebih gen di dalam kromosom yang terpilih.
- Mutasi dalam kode permutasi, yaitu mutasi dengan memilih 2 nilai gen dalam kromosom yang sama dan menukar posisi gen dimana kromosom berisi angka permutasi.
- Mutasi dalam kode nilai, yaitu dengan mengganti nilai gen yang terpilih dengan nilai yang telah ditentukan.
- Mutasi dalam kode pohon, yaitu cara mengubah operator (+, -, *, /) atau nilai yang terkandung pada suatu verteks pohon yang dipilih

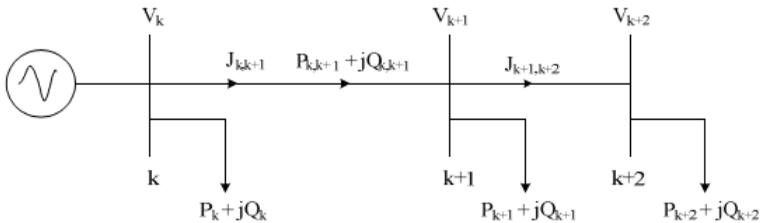
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III
OPTIMASI PENENTUAN LOKASI DISTRIBUTED
GENERATION
DAN KAPASITOR DENGAN ALGORITMA GENETIKA

Pada bab ini dijelaskan mengenai bagaimana perencanaan dari penggunaan metode algoritma genetika (AG) untuk menentukan penempatan DG dan kapasitor yang optimal.

3.1 Persamaan Aliran Daya

Tugas akhir ini bertujuan untuk mengoptimalkan penempatan dari DG dan kapasitor pada sistem agar menghasilkan total rugi daya yang minimal. Perhitungan untuk menentukan total rugi daya pada sistem menggunakan persamaan sebagai berikut



Gambar 3.1 Single – line diagram feeder utama

Pada Gambar diatas menggambarkan aliran daya dari sistem distribusi dan dapat dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$J_{k,k+1} = I_{k+1} + I_{k+2} \quad (1)$$

Dimana

$$I_k = \left(\frac{P_k + jQ_k}{V_k} \right)^* \quad (2)$$

Nilai arus J dari persamaan (1) didapat dengan membentuk matrik BIBC (Bus current Injection to Branch Current) yaitu,

$$[J] = [BIBC] * [I] \quad (3)$$

Dengan menerapkan menggunakan hukum tegangan Kirchhoff maka diperoleh persamaan,

$$V_{k+1} = V_k - J_{k,k+1} * (R_{k,k+1} + jX_{k,k+1}) \quad (4)$$

Rugi daya pada setiap saluran yang menghubungkan bus k ke bus k+1 dapat dinyatakan sebagai berikut

$$P_{loss(k,k+1)} = \frac{R_{k,k+1}}{|V_k|^2} (P_k^2 + Q_k^2) \quad (5)$$

Dari persamaan (5), total rugi daya dapat dihitung dengan cara menjumlahkan rugi daya pada setiap saluran sehingga didapatkan persamaan berikut

$$P_{T,loss} = \sum_{k=1}^n P_{loss(k,k+1)} \quad (6)$$

3.2 Penerapan Metode Algoritma Genetika Untuk Optimasi Penempatan DG Dan Kapasitor

Metode penentuan lokasi optimal yang digunakan dalam tugas akhir ini menggunakan metode algoritma genetika (AG) untuk optimalisasi. Metode ini dipilih karena merupakan metode yang dinilai sederhana dalam menentukan nilai optimal.

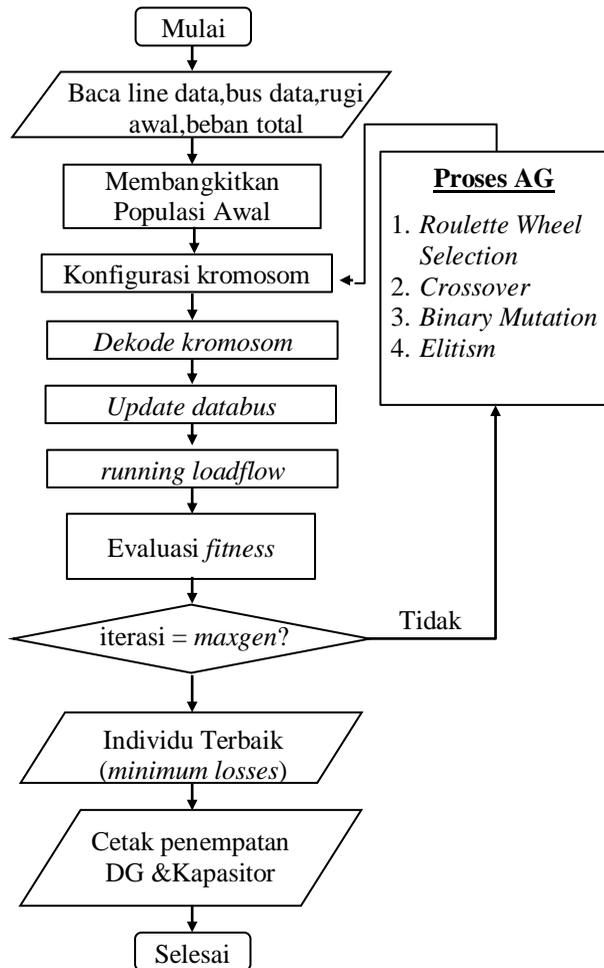
Pada tugas akhir ini ada 3 macam metode pengkodean dalam penerapan AG dalam optimasi penempatan DG dan kapasitor yang mempertimbangkan rugi daya nyata. Metode pengkodean tersebut adalah

- Metode algoritma genetika untuk penempatan kapasitor.
- Metode algoritma genetika untuk penempatan DG.
- Metode algoritma genetika untuk penempatan DG dan kapasitor.

Pada setiap metode berbeda di bagian pembangkitan populasi awal. Pengkodean pada pembentukan populasi awal tergantung pada komponen yang di optimasikan yaitu DG, kapasitor atau DG dan kapasitor. Dari populasi awal ini kemudian akan dilakukan proses evolusi untuk mendapatkan nilai yang optimal.

Dari ketiga metode pengkodean yang dilakukan pada penelitian ini yang membedakan antara ketiga adalah pembagian gen yang mempengaruhi arti dari individu yaitu pada saat dilakukan dekode kromosom dari individu tersebut sebelum dimasukkan ke dalam loadflow yang kemudian akan dihasilkan nilai fitness.

Penerapan dari metode GA ini akan dijelaskan pada sub bab selanjutnya. Berikut adalah gambaran dari diagram alir dari penerapan metode AG untuk menentukan penempatan DG dan kapasitor yang optimal



Gambar 3.2 Diagram alir algoritma genetika

3.3 Pembacaan Kondisi Awal

Pada tahap ini dilakukan pembacaan data awal yaitu berupa line data, bus data profil tegangan pada tiap bus dan rugi-rugi saluran awal sebelum pemasangan DG dan kapasitor.

Pada pembacaan data dilakukan juga proses *running loadflow* di dalamnya. Pembacaan ini dilakukan untuk mengetahui kondisi awal dari sistem dan untuk mengetahui data yang digunakan sebagai *constrain*/batasan dalam menentukan nilai fitness yaitu besar rugi daya yang paling minimal.

3.4 Pembangkitan Populasi Awal

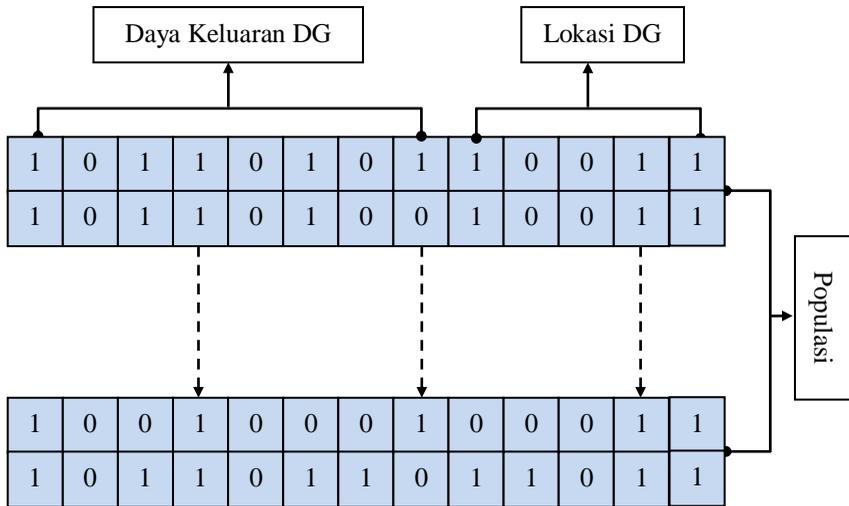
Dalam tahap pembangkitan populasi awal ini hal yang dilakukan pengkodean kromosom. Pengkodean kromosom ini dilakukan pada saat pembangkitan populasi pertama kali sebelum menjalani proses evolusi. Pada tahap ini terdapat 3 jenis pengkodean kromosom seperti yang dijelaskan sebelumnya yaitu pengkodean penempatan DG, pengkodean penempatan kapasitor, pengkodean penempatan DG dan kapasitor.

Ketiga jenis pengkodean mengandung informasi yang sama yaitu penempatan dan daya keluaran dari komponen yang di optimasikan. Adapun parameter yang di tentukan saat pembangkitan populasi awal yaitu

jumDG	: jumlah DG yang di optimalkan
jumDG	: jumlah kapasitor yang di optimalkan
MaxGen	: jumlah generasi yang di lakukan
Popsiz	: jumlah individu dalam populasi

3.4.1 Kromosom Penempatan DG

Pengkodean kromosom pada penempatan DG dibagi menjadi 2 bagian yaitu daya keluaran yang DG dan lokasi penempatan DG. Untuk pengkodean sebuah DG maka di bentuk satu kromosom yang terdiri dari 13 gen dimana gen disini adalah jumlah banyak bit dalam biner. Kromosom terbagi menjadi 2 bagian bit yaitu 5 bit untuk pengkodean lokasi DG dan 8 bit untuk pengkodean daya keluaran DG. Seperti digambarkan dibawah ini.

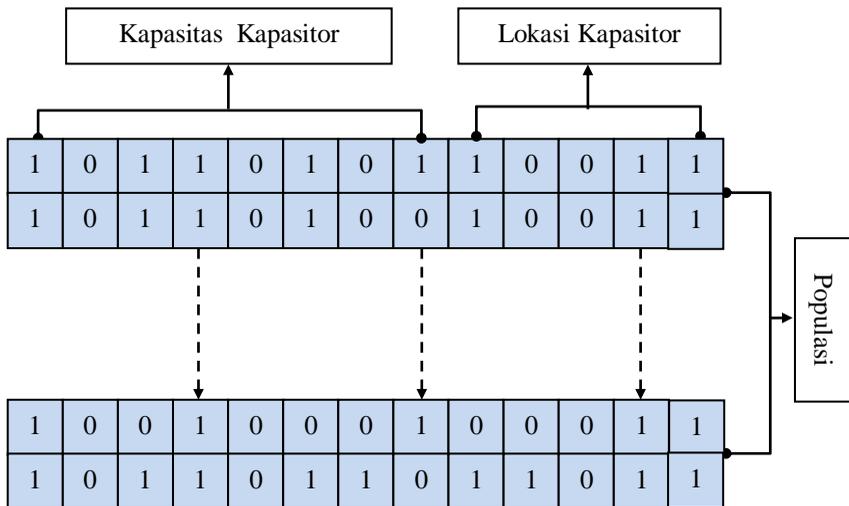


Gambar 3.3 Konfigurasi kromosom penempatan DG

Jumlah dari kromosom akan bertambah kelipatan 13 sebanyak DG yang ditempatkan. Kromosom kromosom ini akan digabungkan menjadi satu individu dalam algoritma genetika. Daya keluaran dari DG disini berupa daya nyata karena DG hanya menyuplai daya nyata pada tugas akhir ini.

3.4.2 Kromosom Penempatan Kapasitor

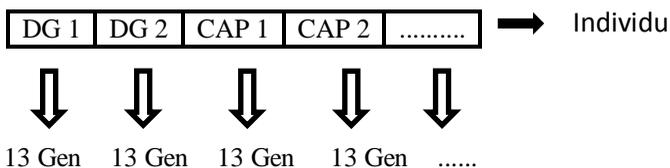
Pada pengkodean kromosom untuk penempatan kapasitor sama halnya dengan pengkodean pada penempatan DG hanya saja pada bagian kapasitas hanya mensupply daya reaktif.



Gambar 3.4 Konfigurasi kromosom penempatan kapasitor

3.4.3 Kromosom Penempatan Kapasitor dan DG

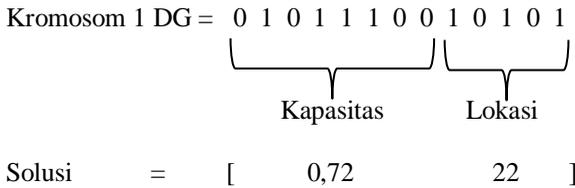
Pada pengkodean yang menggabungkan keduanya yaitu untuk penempatan DG dan kapasitor secara bersamaan menggunakan cara yang sama. Pengkodean dilakukan dengan menggabung kromosom DG dan kromosom kapasitor dalam satu individu. Maka banyaknya gen dalam suatu individu sama dengan 13 kali DG dan kapasitor yang akan ditempatkan ke dalam sistem. Dengan urutan DG yang ditempatkan terlebih dahulu kemudian kapasitor.



Gambar 3.5 Konfigurasi kromosom penempatan DG dan kapasitor

3.5 Dekode Kromosom

Individu yang telah dibangkitkan dalam bentuk biner belum bisa langsung ditempatkan untuk memperbarui data bus dan menghasilkan fitness. Data kromosom dalam bentuk biner harus didekodekan menjadi bentuk angka yang kemudian akan dijadikan sebagai input dari loadflow dan akan dilakukan evaluasi fitness.



Gambar 3.6 Dekode kromosom

Dari contoh diatas merupakan hasil dari dekode kromosom 1 buah DG dimana memiliki kapasitas daya keluaran 0,72 MW dan ditempatkan pada bus ke 22. Data ini yang akan dimasukkan ke dalam data bus yang lama untuk memperbarui data yang lama kemudian dilakukan evaluasi fitness.

3.6 Evaluasi Fitness

Tahap evaluasi fitness merupakan tahap yang paling menentukan dalam pengambilan nilai optimasi. Pada tahap ini hasil dari perubahan data bus yang berdasarkan daya kapasitor atau DG yang diberikan akan di evaluasi apakah hasil memenuhi batasan yang diberikan atau tidak.

Fungsi objektif yang dicari dari penempatan DG dan kapasitor adalah memaksimalkan selisih antara rugi daya awal dan rugi daya setelah penempatan DG dan kapasitor ke sistem.

$$P_{T,Loss}^{DG} = \sum_{k=1}^{nb} P_{Loss}^{DG}(k, k + 1)$$

$$\Delta P_L^{DG} = P_{T,Loss} - P_{T,loss}^{DG}$$

$$P_{T,Loss}^C = \sum_{k=1}^{nb} P_{Loss}^C(k, k+1)$$

$$\Delta P_L^C = P_{T,Loss} - P_{T,Loss}^C$$

Fungsi objektif

$$\text{Maximize } F = \max(\Delta P_L^{DG} + \Delta P_L^C)$$

Batasan yang diberikan antara lain adalah batasan daya keluaran DG dan kapasitor batasan drop tegangan pada tiap bus. Individu yang menghasilkan fitness dan memenuhi batasan akan menjadi calon solusi.

Batasan yang diberikan pada penempatan DG adalah batasan daya keluaran DG. Daya keluaran DG tidak boleh melebihi dari jumlah beban daaya nyata sistem dan rugi daya nyata sistem awal yaitu sebesar 3,9 MW. Disamping itu pembatasan pada kapasitas DG juga diperhatikan. Kapasitas DG diberikan sebesar 1 MW. Batasan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sum_{k=1}^{nd} P_k^{DG} \leq \sum_{k=2}^n P_k + \sum_{k=1}^{nb} P_{Loss,k,k+1}$$

$$P_{k,min}^{DG} \leq P_k^{DG} \leq P_{k,max}^{DG}$$

Pada batasan penempatan kapasitor tidak berbeda dengan batasan yang diberikan pada DG. Batasan yang diberikan pada kapasitor yaitu total kapasitas kapasitor yang disuntikkan ke sistem tidak boleh melebihi 0,8 dari beban daya reaktif sistem dan juga terdapat batasan yang membatasi kapasitas maksimal kapasitor yang boleh dipasangkan ke sistem. Kapasitas dari kapasitor dibatasi sampai dengan 1 Mvar dan total kapasitas yang disuntikkan tidak lebih dari beban reaktif total awal sistem yaitu 2,3 MVar Batasan dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\sum_{k=1}^{nc} Q_k^c \leq 0,8 * \sum_{k=2}^n Q_k$$

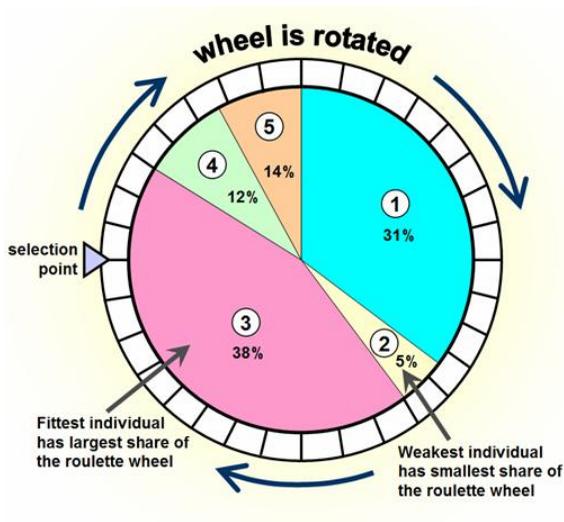
$$Q_{k,min}^c \leq Q_k^c \leq Q_{k,max}^c$$

Batasan lain adalah batasan tegangan pada tiap bus dimana selisih tegangan per bus dengan tegangan awal yaitu 12,66 KV tidak boleh melebihi 5% tegangan diharapkan tidak terjadi *under voltage* ataupun *over voltage* yaitu antara 0,95 p.u dan 1,05 p.u.

$$|V_1 - V_k| \leq \Delta V_{max}$$

3.7 Roulette Wheel

Metode seleksi yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah metode *roulette wheel*. Metode ini bekerja dengan prinsip seperti permainan roda rolet dimana pemilihan individu yang akan dipilih sebagai induk akan dipilih secara acak seperti yang terjadi pada permainan roda rolet.



Gambar 3.7 Metode seleksi dengan *Roulette Wheel*

Proses pembagian luasan pada roda rolet tergantung dari besar nilai fitness yang dihasilkan oleh tiap kromosom. Semua individu akan dievaluasi untuk mendapatkan nilai fitness dan dari nilai fitness tersebut nilai fitness setiap kromosom akan dibagi dengan jumlah total dari semua nilai fitness dari populasi yang ada sehingga didapatkan berapa persen bagian luasan untuk setiap individu dalam roda rolet kemudian digbagi dalam bentuk interval.

Dengan cara ini maka individu yang memiliki nilai fitness terbesar akan mendapat bagian yang paling besar dibandingkan individu yang lain. Sehingga kemungkinan terpilihnya individu tersebut dalam proses pengacakan memiliki peluang terpilih yang paling besar dan sebaliknya, yaitu individu yang memiliki nilai fitness terkecil akan memiliki peluang yang terkecil untuk terpilih sebagai induk dalam proses seleksi.

3.8 Cross Over

Pada tahap *cross over* metode *cross over* yang digunakan adalah metode *cross over* satu titik. Orang tua yang telah dipilih dari metode seleksi roulette wheel selanjutnya akan mengalami proses *cross over*. Pada metode satu titik, masing-masing kromosom orang tua dibagi menjadi dua bagian lalu saling di pindah silangkan dan menghasilkan 2 keturunan.

Proses *cross over* ini dilakukan berdasarkan dari probabilitas *cross over* yang ditetapkan sebelumnya. Apabila nilai acak yang dihasilkan kurang dari probabilitas *cross over* maka akan dilakukan proses *cross over*. Pada tugas akhir ini ditetapkan probabilitas *cross over* (P_c) sebesar 0,95

3.9 Mutasi

Pada tahap mutasi metode yang digunakan adalah metode mutasi pengkodean biner. Mutasi pada tugas akhir ini hanya memutasi satu gen dalam satu individu yaitu dengan mengganti nilai invers dari gen yang terpilih.

Proses mutasi juga memperhatikan probabilitas sama halnya seperti proses *cross over*. Pada pengerjaan tugas akhir ini probabilitas mutasi (P_m) ditetapkan sebesar 0,05

3.10 Elitism

Pada setiap generasi atau iterasi yang dilakukan akan didapatkan sejumlah fitness yang menggambarkan seberapa baik individu tersebut yaitu nilai rugi daya yang dihasilkan dengan konfigurasi kromosom tertentu. Dalam satu generasi akan didapat satu fitness nilai rugi daya yang paling minimal yang terbaik dari beberapa fitness sejumlah populasi. Nilai dari fitness ini akan berubah apabila individu yang membentuk fitness berubah. Nilai yang terdapat dalam individu akan terus berubah pada setiap generasi. Oleh sebab itu maka diperlukan sebuah wadah yang menampung individu terbaik pada setiap generasi untuk dengan fitness terbaik generasi sebelumnya dan sesudahnya. Individu yang menghasilkan fitness paling baik sejumlah generasi yang ditentukan akan di masukkan ke wadah tersebut. Proses ini disebut dengan *elitism* dimana hasil akhir dari proses ini adalah solusi terbaik yang akan dicetak yaitu penempatan dan ukuran daya keluaran dari DG dan kapasitor.

BAB IV SIMULASI DAN ANALISIS

Pada bab 4 ini, akan dibahas mengenai simulasi dan analisis dengan menggunakan Matlab pada plan IEEE 33 bus. Simulasi terdiri dari 4 skenario berbeda yaitu:

1. Simulasi sistem tanpa pemasangan kapasitor dan DG (base case)
2. Simulasi sistem dengan penempatan DG dengan kapasitas yang optimal
3. Simulasi sistem dengan penempatan kapasitor dengan kapasitas yang optimal
4. Simulasi sistem dengan penempatan DG dan kapasitor dengan ukuran yang optimal

Analisa aliran daya yang digunakan dalam simulasi menggunakan metode *backward – forward* dengan pembentukan matrik *K-Matrik* dan Z_{BR} . Parameter yang diperhatikan dalam melakukan simulasi adalah tegangan per bus dan rugi-rugi yang dihasilkan. Dimana kondisi telah mencapai optimal apabila tegangan pada semua bus antara 0,95 p.u sampai 1,05 p.u dan rugi-rugi merupakan yang paling minimal dari sejumlah iterasi yang ditentukan. Hasil dari proses optimasi akan dibandingkan dengan menggunakan program simulasi ETAP sebagai validasi menggunakan metode *Newton-Raphson* karena metode ini dapat mencapai nilai konvergen dengan jumlah iterasi yang kecil.

Pada tahap simulasi menggunakan DG dan kapasitor masing-masing berjumlah maksimal sebanyak 3 buah. Dimana DG berfungsi mensupply daya aktif P, sedangkan kapasitor berfungsi mensupply daya reaktif Q. Dengan besar kapasitas DG yang dipakai yaitu maksimal sebesar 1 MW dan besar kapasitas kapasitor maksimal sebesar 1 MVar. Pembatasan dari jumlah penggunaan DG dan kapasitor yang digunakan dan juga besar kapasitas maksimal dari DG dan kapasitor adalah karena apabila digunakan lebih dari jumlah dan ukuran yang tersebut di atas maka persentase pengurangan total rugi daya pada sistem akan semakin menurun.[1]

Pencarian nilai optimal dari penempatan DG dan kapasitor dengan menggunakan GA (*genethic algorithm*) yaitu mencari nilai fitness yang paling minimal, dimana nilai fitness adalah besar rugi-rugi daya yang dihasilkan dari kombinasi penempatan DG dan kapasitor pada sistem distribusi radial IEEE 33 bus.

4.1. Data IEEE 33 Bus

Berikut adalah data dari sistem IEEE 33 bus yang digunakan dalam simulasi sistem dimodelkan 3 fasa seimbang sehingga memiliki besar impedansi yang sama dari ketiga fasanya.

Tabel 4.1 Data saluran sistem dan beban pada IEEE 33 bus

Branch Number	Sending Bus	Receiving Bus	A/B/C		Nominal Load at Receiving Bus	
			Resistance	Reactance	P	Q
			Ω	Ω	(kW)	(kVAR)
1	1	2	0,0922	0,047	100	60
2	2	3	0,493	0,2511	90	40
3	3	4	0,366	0,1864	120	80
4	4	5	0,3811	0,1941	60	30
5	5	6	0,819	0,707	60	20
6	6	7	0,1872	0,6188	200	100
7	7	8	0,7144	0,2351	200	100
8	8	9	1,03	0,74	60	20
9	9	10	1,044	0,74	60	20
10	10	11	0,1966	0,065	45	30
11	11	12	0,3744	0,1298	60	35
12	12	13	1,468	1,155	60	35
13	13	14	0,5416	0,7129	120	80
14	14	15	0,591	0,526	60	10

Lanjutan tabel 4.1

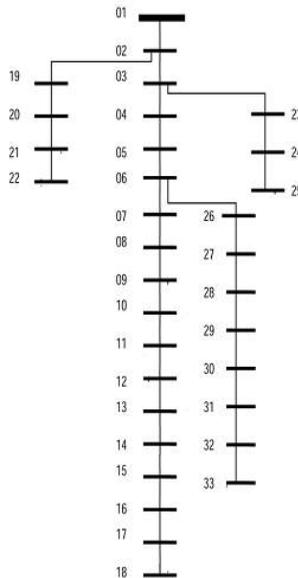
15	15	16	0,7463	0,545	60	20
16	16	17	1,289	1,721	60	20
17	17	18	0,732	0,574	90	40
18	2	19	0,164	0,1565	90	40
19	19	20	1,5042	1,3554	90	40
20	20	21	0,4095	0,4784	90	40
21	21	22	0,7089	0,9373	90	40
22	3	23	0,4512	0,3083	90	50
23	23	24	0,898	0,7091	420	200
24	24	25	0,896	0,7011	420	200
25	6	26	0,203	0,1034	60	25
26	26	27	0,2842	0,1447	60	25
27	27	28	1,059	0,9337	60	20
28	28	29	0,8042	0,7006	120	70
29	29	30	0,5075	0,2585	200	600
30	30	31	0,9744	0,963	150	70
31	31	32	0,3105	0,3619	210	100
32	32	33	0,341	0,5302	60	40

Dari data jaringan IEEE 33 bus tabel 4.1 akan dirubah sesuai dengan skenario yang telah ditentukan. Sehingga dapat di analisa hasilnya antara kondisi awal dan kondisi setelah pemasangan.

Dari sistem diatas memiliki tegangan pada setiap bus yang tidak semua normal ada beberapa bus yang mengalami *under voltage*. Dengan dipasaganya DG atau kapasitor pada sistem distribusi tersebut di atas maka diharapkan dapat memperbaiki beberapa bus yang mengalami *under voltage* berubah menjadi kondisi normal yaitu pada 0,95 p.u sampai 1,05 p.u. Sistem diatas menggunakan tegangan distribusi sebesar 12,66 KV.

Pemasangan DG dan kapasitor pada sistem distribusi juga dapat memungkinkan tegangan pada bus mengalami *over voltage* sehingga perlu dilakukan penetapan kapasitas yang boleh terpasang. Penetapan kapasitas yang boleh terpasang pada sistem dilakukan dengan menggunakan metode GA berikut dengan penetapan lokasi pada bus mana yang menghasilkan rugi daya yang paling minimal dan semua tegangan bus memenuhi batasan atau dalam kondisi normal.

Berikut adalah gambar *single line diagram* dari jaringan distribusi IEEE 33 bus yang akan digunakan dalam simulasi optimalisasi penempatan DG dan kapasitor untuk meminimalkan rugi saluran yang ditimbulkan.



Gambar 4.1 *Single Line Diagram* sistem IEEE 33 bus

Pada gambar diatas sisystem belum terpasang DG ataupun kapasitor. Dengan dipasangnya DG atau kapasitor maka dapat merubah pembebanan pada bus yang terpasang DG ataupun

kapasitor. Pada pemasangan DG pembebanan P pada bus yang terpasang akan mengalami perubahan. Sedangkan pada pemasangan kapasitor pembebanan Q pada terpasang akan mengalami perubahan.

4.2. Simulasi Tanpa Pemasangan DG dan Kapasitor

Berikut adalah hasil simulasi dari sistem sebelum pemasangan DG dan kapasitor (base case)

Table 4.2 Hasil simulasi aliran daya base case

Sending Bus	Receiving Bus	Current		Losses	
		Amp	Degree	kW	kVAR
1	2	364,36	-31,86	12,2405	6,2398
2	3	324,12	-32,65	51,7917	26,3791
3	4	233,18	-35,38	19,9007	10,1352
4	5	221,51	-35,48	18,6992	9,5238
5	6	216,11	-35,71	38,2492	33,0185
6	7	101,13	-25,6	1,9146	6,3288
7	8	82,47	-25,36	4,8586	1,5989
8	9	63,71	-24,98	4,1807	3,0036
9	10	58,4	-25,57	3,5611	2,5241
10	11	53,07	-26,27	0,5537	0,1831
11	12	48,51	-25,55	0,8812	0,2914
12	13	42,62	-24,88	2,6663	2,0978
13	14	36,69	-23,96	0,7292	0,9598
14	15	24,58	-18,89	0,357	0,3177
15	16	19,42	-21,32	0,2815	0,2056
16	17	13,97	-22,29	0,2516	0,336
17	18	8,52	-24,46	0,0531	0,0417

Lanjutan tabel 4.2

2	19	31,33	-24,02	0,161	0,1536
19	20	23,52	-24,05	0,8322	0,7499
20	21	15,69	-24,06	0,1008	0,1177
21	22	7,85	-24,07	0,0436	0,0577
3	23	83,97	-25,85	3,1816	2,174
23	24	75,68	-25,51	5,1437	4,0617
24	25	37,91	-25,53	1,2875	1,0074
6	26	113,19	-45,55	2,6009	1,3248
26	27	108,23	-46,67	3,329	1,695
27	28	103,3	-47,91	11,3009	9,9638
28	29	98,69	-49,45	7,8334	6,8242
29	30	87,61	-52,05	3,8957	1,9843
30	31	40,44	-26,17	1,5936	1,575
31	32	26,2	-27,02	0,2132	0,2485
32	33	6,21	-33,31	0,0132	0,0205
Total Rugi Daya				202,7	135,143

Tabel 4.3 Tegangan base case

Bus	Tegangan	Bus	Tegangan	Bus	Tegangan
1	12,66	12	11,73413	23	12,3986
2	12,62243	13	11,65674	24	12,31414
3	12,44399	14	11,62804	25	12,27205
4	12,34928	15	11,61016	26	11,99824
5	12,25563	16	11,59284	27	11,96579
6	12,02267	17	11,56717	28	11,82096

Lanjutan tabel 4.3

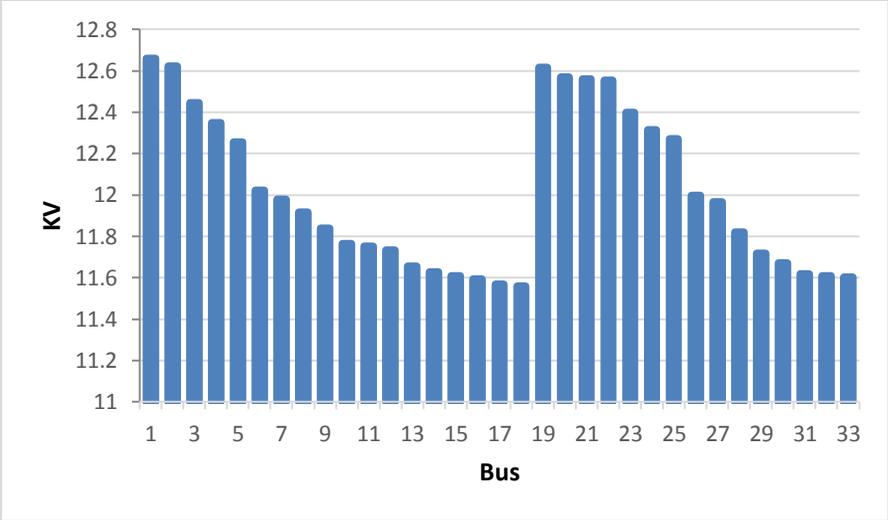
7	11,97854	18	11,55949	29	11,71692
8	11,91699	19	12,61574	30	11,67188
9	11,83762	20	12,57045	31	11,6192
10	11,764	21	12,56153	32	11,60761
11	11,75311	22	12,55346	33	11,60402

Berdasarkan simulasi aliran daya yang dilakukan mengenai kondisi awal pada tabel 4.2 maka diperoleh total rugi daya nyata pada saluran sebesar 202,7 KW dan total rugi daya reaktif sebesar 135,143 KVar.

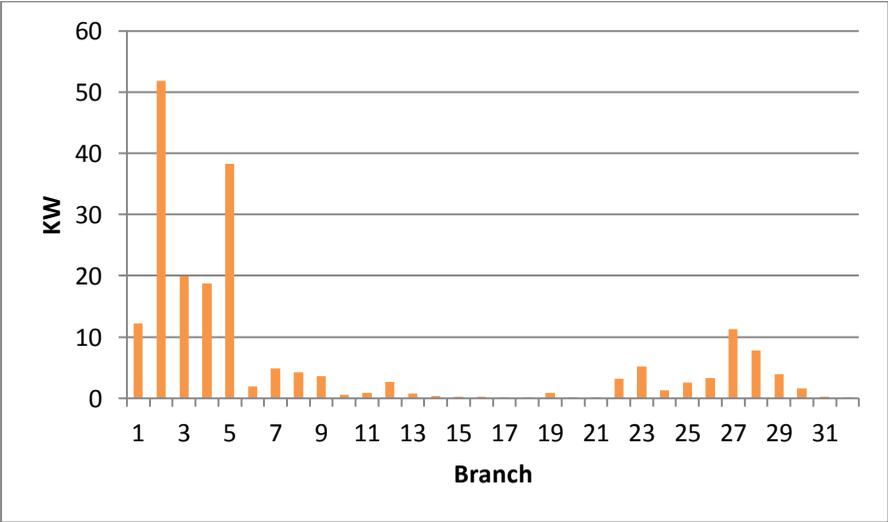
Dari data simulasi awal tabel 4.3 dapat diketahui bahwa tegangan pada bus tidak semuanya normal. Pada bus 6 sampai bus 18 dan pada bus 26 sampai bus 33 mengalami *undervoltage* yaitu tegangan dibawah 12,027 KV.

Dari dua hasil tersebut maka sistem perlu dilakukan perbaikan guna menaikkan nilai tegangan yang tidak sesuai ketentuan yaitu antara 0,95 p.u sampai 1,05 p.u. Dengan melakukan pemasangan DG dan kapasitor maka dapat mengurangi rugi daya dari sistem terutama rugi dayan nyata.

Pada gambar dibawah menggambarkan grafik profil tegangan pada setiap bus dimana tegangan terendah terdapat pada bus 18 yaitu dengan tegangan 11,55949 KV dan tertinggi pada bus sumber yaitu bus 1 sebesar 12,66 KV.



Gambar 4.2 Profil tegangan base case



Gambar 4.3 Rugi base case

Pada gambar 4.3 menggambarkan besarnya rugi daya nyata pada setia cabang. Rugi daya terbesar terdapat pada cabang ke-2 yaitu jalur dari bus 2 ke 3 sebesar 51,7917 KW karena pada cabang kedua mengalir arus yang besar untuk mensupply beban pada bus dibawahnya.

4.3. Simulasi Penempatan DG Pada Sistem Distribusi

Simulasi selanjutnya adalah simulasi dengan pemasangan DG pada sistem distribusi dimana DG yang digunakan sejumlah 3 buah dengan kapasitas 1 MW. Apabila digunakan lebih dari itu maka persentase penurunan rugi daya pada sistem akan menurun[1]. Penggunaan DG secara menyebar lebih baik dibandingkan 1 DG dengan kapasitas besar.

Berikut adalah hasil dari simulasi penempatan DG pada sistem distribusi IEEE 33 bus

Tabel 4.4 Hasil simulasi penempatan 3 DG

Sending Bus	Receiving Bus	Current		Losses	
		Amp	Degree	kW	kVAR
1	2	206,5793	-63,9689	3,9346	2,0057
2	3	176,6824	-72,1466	15,3898	7,8385
3	4	136,4176	-71,1277	6,8112	3,4689
4	5	127,5464	-74,311	6,1998	3,1576
5	6	124,0539	-76,1676	12,6039	10,8803
6	7	48,2042	-58,6095	0,435	1,4379
7	8	34,4972	-75,2596	0,8502	0,2798
8	9	26,6957	-106,507	0,734	0,5274
9	10	27,1304	-117,399	0,7684	0,5447
10	11	28,5103	-127,589	0,1598	0,0528
11	12	29,2512	-136,173	0,3203	0,1059

Lanjutan tabel 4.4

12	13	31,404	-146,018	1,4478	1,1391
13	14	34,3687	-154,353	0,6397	0,8421
14	15	23,0998	-16,5824	0,3154	0,2807
15	16	18,2517	-19,0121	0,2486	0,1816
16	17	13,13	-19,9783	0,2222	0,2967
17	18	8,0063	-22,1419	0,0469	0,0368
2	19	31,2766	-23,9799	0,1604	0,1531
19	20	23,4825	-24,0014	0,8295	0,7474
20	21	15,6603	-24,0112	0,1004	0,1173
21	22	7,8327	-24,0214	0,0435	0,0575
3	23	36,0697	-85,4456	0,587	0,4011
23	24	32,3227	-97,7004	0,9382	0,7408
24	25	41,38	-156,601	1,5342	1,2005
6	26	77,7874	-90,237	1,2283	0,6257
26	27	76,0464	-93,927	1,6435	0,8368
27	28	74,6431	-97,7777	5,9003	5,2022
28	29	74,0174	-101,707	4,4059	3,8383
29	30	71,6254	-110,416	2,6036	1,3262
30	31	38,4278	-24,4431	1,4389	1,4221
31	32	24,8978	-25,2932	0,1925	0,2243
32	33	5,9045	-31,5806	0,0119	0,0185
Total Rugi Daya				72,7457	49,9883

Tabel 4.5 Tegangan setelah penempatan 3 DG

Bus	Tegangan	Bus	Tegangan	Bus	Tegangan
1	12,66	12	12,339	23	12,562
2	12,6429	13	12,3586	24	12,5434
3	12,5743	14	12,3658	25	12,5664
4	12,5344	15	12,349	26	12,382
5	12,4978	16	12,3327	27	12,373
6	12,3896	17	12,3086	28	12,3169
7	12,3593	18	12,3014	29	12,2805
8	12,3457	19	12,6362	30	12,2773
9	12,3352	20	12,591	31	12,2272
10	12,3313	21	12,5821	32	12,2162
11	12,3334	22	12,5741	33	12,2128

Dari data hasil simulasi di atas tabel 4.4 setelah pemasangan DG menghasilkan rugi daya sebesar 72,7457 KW dimana penempatan DG pada :

Tabel 4.6 Penempatan dan Kapasitas 3 DG

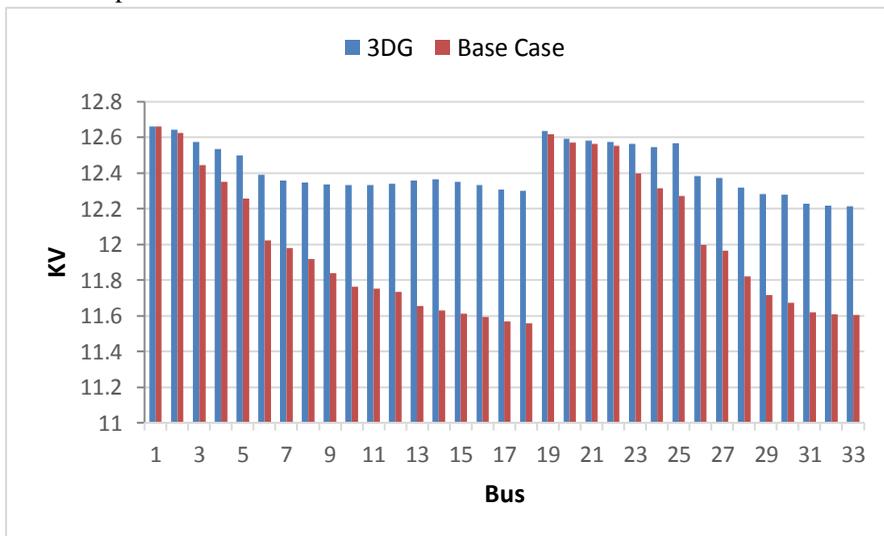
No.DG	Lokasi Bus ke-	Kapasitas (MW)
1	25	0,9
2	30	0,96
3	14	0,78

Rugi daya berkurang sebesar 64,2% dari rugi awal sebesar 202,7 KW. Hal ini menunjukkan bahwa dengan pemasangan DG pada bus tertentu dapat menurunkan rugi daya yang dihasilkan.

Pada sisi tegangan per bus juga mengalami kenaikan. Tegangan minimal yaitu sebesar 12,2128 KV pada bus ke 33, dimana awalnya tegangan minimal sebelum penempatan DG sebesar

11,55949 KV pada bus yang sama yaitu bus 33 seperti terlia pada tabel 4.5.

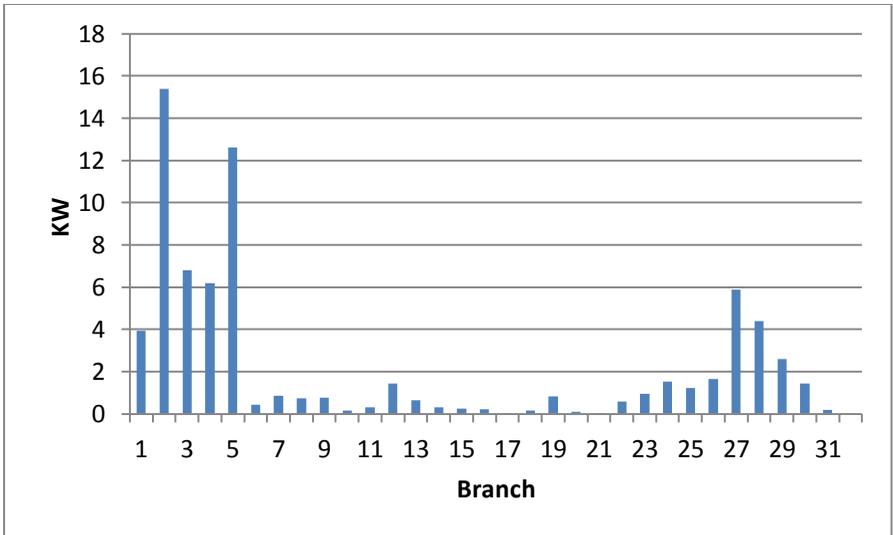
Berikut adalah gambar grafik dari profil tegangan pada setiap bus.



Gambar 4.4 Profil tegangan optimasi 3 DG

Pada gambar 4.4 menunjukkan bahwa kenaikan dari profil tegangan pada setiap bus cukup signifikan dibandingkan sebelumnya. Akan tetapi masih ada beberapa bus yang memiliki tegangan yang mendekati *under voltage* yaitu antara 0,95 p.u sampai 0,98 p.u yaitu tegangan antara 12,027KV sampa 12,406 KV. Kondisi ini merupakan kondisi yang kritis dimana bus rawan terjadi *under voltage* apabila pada bus tersebut dibebani dengan beban tertentu.

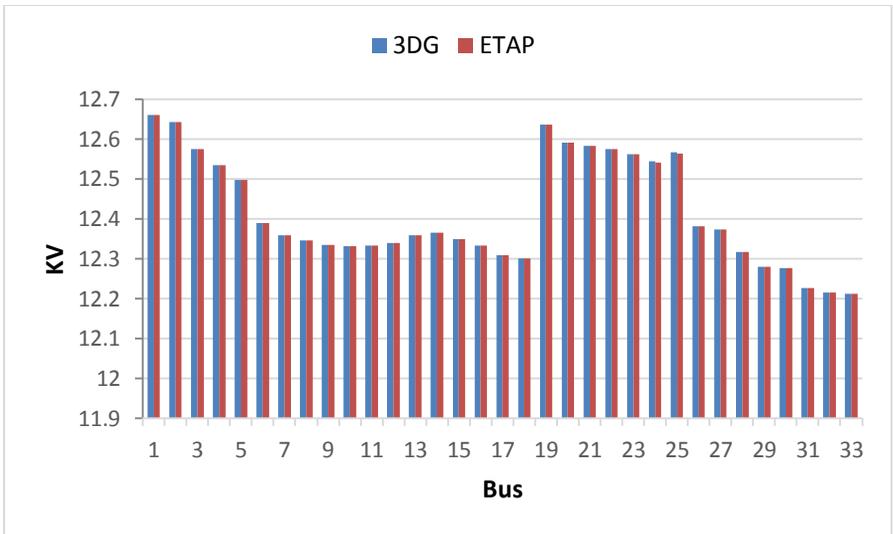
Pada gambar dibawah menggambarkan besar rugi daya per cabang



Gambar 4.5 Rugi optimasi 3 DG

Besar rugi daya percabang mengalami penurunan yang hampir sama pada setiap cabangnya. Rugi daya nyata terbesar yaitu sebesar 15,3 KW pada cabang antara bus 2 dan 3.

Sebagai perbandingan hasil dari simulasi dan ETAP memiliki beda yang kecil yaitu pada ETAP pada peletakan tersebut di atas menghasilkan rugi daya sebesar 72,7 KW memiliki persen error sebesar 0,063% berikut adalah gambar profil tegangan perbandingan dengan ETAP



Gambar 4.6 Validasi profil tegangan 3 DG

4.4. Simulasi Penempatan Kapasitor Pada Sistem Distribusi

Pada skenario ketiga yaitu dengan melakukan pemasangan kapasitor pada sistem distribusi. Digunakan 3 buah kapasitor dengan kapasitas kapasitor ditentukan maksimal sebesar 1 Mvar. Pembatasan ini dilakukan dengan alasan yang sama dengan pembatasan pada pemasangan DG. Dan apabila kapasitas terlalu besar dapat menyebabkan *over voltage* pada bus.

Berikut adalah data hasil simulasi setelah pemasangan kapasitor pada sistem distribusi IEEE 33bus

Tabel 4.7 Hasil simulasi penempatan 3 Kapasitor

Sending Bus	Receiving Bus	Current		Losses	
		Amp	Degree	kW	kVAR
1	2	308,2573	-8,779	8,7611	4,4661
2	3	269,7669	-6,281	35,8777	18,2736

Lanjutan tabel 4.7

3	4	186,2289	3,2952	12,6933	6,4646
4	5	177,1546	5,5788	11,9603	6,0916
5	6	172,6181	6,5547	24,4037	21,0665
6	7	90,3522	5,4602	1,5282	5,0516
7	8	75,7989	13,1339	4,1046	1,3508
8	9	63,2099	24,2135	4,1154	2,9567
9	10	59,6203	27,7374	3,711	2,6304
10	11	56,2996	31,725	0,6232	0,206
11	12	54,7708	36,0589	1,1231	0,3714
12	13	52,9675	41,8641	4,1186	3,2404
13	14	51,7878	48,0249	1,4526	1,912
14	15	52,102	61,2084	1,6043	1,4279
15	16	18,6288	-24,313	0,259	0,1891
16	17	13,4017	-25,280	0,2315	0,3091
17	18	8,172	-27,444	0,0489	0,0383
2	19	31,3096	-24,083	0,1608	0,1534
19	20	23,5073	-24,105	0,8312	0,749
20	21	15,6769	-24,115	0,1006	0,1176
21	22	7,841	-24,125	0,0436	0,0576
3	23	83,655	-26,235	3,1576	2,1575
23	24	75,3958	-25,891	5,1047	4,0309
24	25	37,762	-25,913	1,2777	0,9997
6	26	77,7526	9,5151	1,2272	0,6251
26	27	73,3766	11,8073	1,5302	0,7791
27	28	69,1307	14,3938	5,061	4,4622

Lanjutan tabel 4.7

28	29	64,9166	17,0061	3,389	2,9524
29	30	58,1052	25,6171	1,7134	0,8728
30	31	36,9413	17,159	1,3297	1,3142
31	32	28,8398	36,6603	0,2583	0,301
32	33	5,973	-36,206	0,0122	0,0189
Total Rugi Daya				141,8137	95,6375

Tabel 4.8 Tegangan setelah penempatan 3 Kapasitor

Bus	Tegangan	Bus	Tegangan	Bus	Tegangan
1	12,66	12	12,0903	23	12,445
2	12,6297	13	12,0779	24	12,3609
3	12,4903	14	12,089	25	12,319
4	12,4245	15	12,1005	26	12,2229
5	12,361	16	12,0839	27	12,205
6	12,2369	17	12,0593	28	12,1524
7	12,2268	18	12,0519	29	12,1178
8	12,179	19	12,623	30	12,0988
9	12,1411	20	12,5778	31	12,0767
10	12,1092	21	12,5688	32	12,0763
11	12,1021	22	12,5608	33	12,0729

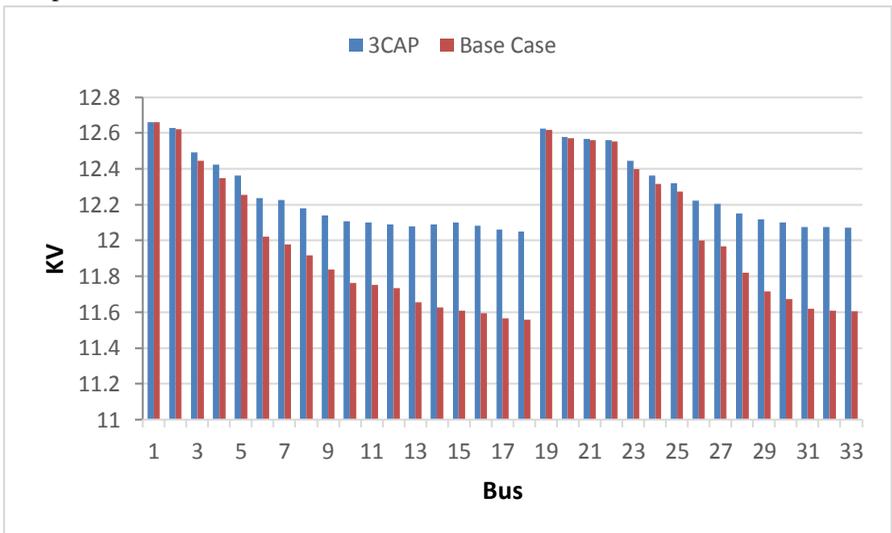
Dari data hasil simulasi pemasangan 3 kapasitor, dimana kapasitor ditempatkan di bus sebagai berikut

Tabel 4.9 Penempatan dan Kapasitas 3 Kapasitor

No.CAP	Lokasi Bus ke-	Kapasitas (MVar)
1	32	0,36
2	15	0,66
3	30	0,78

Dari tabel 4.7 diperoleh total rugi daya setelah pemasangan kapasitor yaitu sebesar 141,8137 KW. Terjadi penurunan total rugi daya nyata sebesar 30,03% dari rugi awal *base case*. Penurunan ini lebih kecil dibandingkan penurunan yang terjadi pada pemasangan 3 DG yang disimulasikan sebelumnya. Hal ini karena konsumsi dari daya reaktif tidak banyak digunakan dalam sistem.

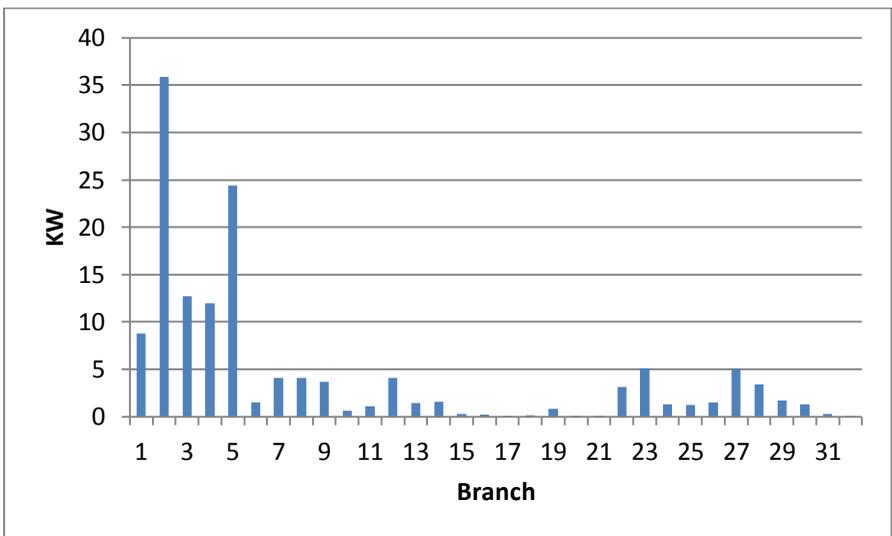
Berikut adalah grafik dari profil tegangan pada tiap bus pada sistem distribusi.



Gambar 4.7 Profil tegangan optimasi 3 kapasitor

Pada gambar dapat dilihat bahwa banyak bus yang memiliki tegangan pada daerah yang rawan terjadi *under voltage* atau daerah marginal yaitu dengan tegangan diantara 12,02 KV dan 12,4 KV. Hal ini menunjukkan bahwa pemasangan kapasitor saja tidak cukup mengurangi rugi daya nyata yang ditimbulkan dan menaikkan nilai tegangan pada sistem distribusi.

Berikut adalah gambar rugi daya yang ada pada setiap cabang di sistem distribusi

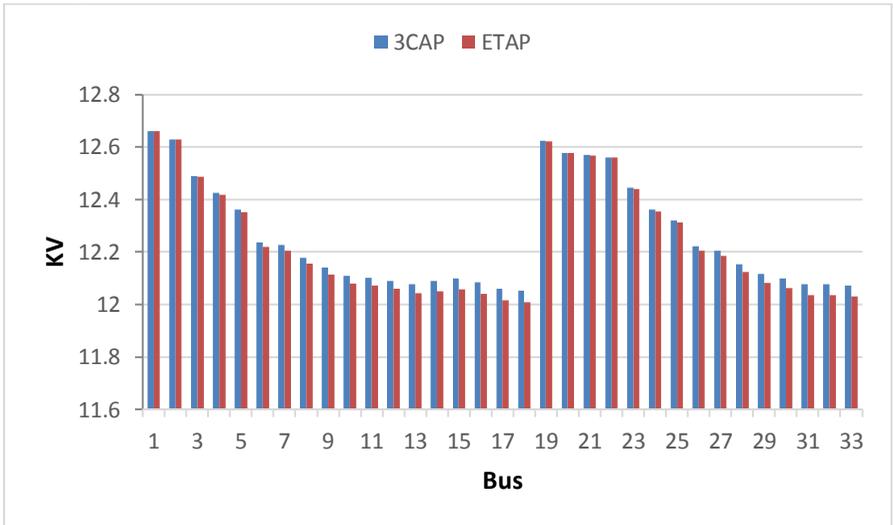


Gambar 4.8 Rugi optimasi 3 kapasitor

Pada gambar 4.8 grafik menunjukkan besar dari rugi daya yang terjadi pada tiap cabang terbesar yaitu sebesar 35,87 KW terdapat pada sambungan bus 2 ke bus 3.

Sebagai pembandingan hasil dari simulasi dan ETAP memiliki beda yang kecil yaitu pada ETAP pada peletakan tersebut di atas menghasilkan rugi daya sebesar 141,2 KW memiliki persen error

sebesar 1,95% berikut adalah gambar profil tegangan perbandingan degan ETAP.



Gambar 4.9 Validasi profil tegangan 3 kapasitor

4.5. Simulasi Penempatan DG dan Kapasitor Pada Sistem Distribusi

Pada simulasi ini 3 DG dan 3 kapasitor ditempatkan pada sistem distribusi IEEE 33 bus secara bersamaan dengan kapasitas DG maksimal sebesar 1MW dan kapasitor maksimal sebesar 1 MVar.

Tabel dibawah menunjukkan hasil dari simulasi penempatan DG dan kapasitor dengan menggunakan metode GA.

Tabel 4.10 Hasil simulasi penempatan 3 DG dan 3 Kapasitor

Sending Bus	Receiving Bus	Current		Losses	
		Amp	Degree	kW	kVAR
1	2	96,9163	-37,7664	0,866	0,4415

Lanjutan tabel 4.10

2	3	58,0264	-46,2057	1,66	0,8455
3	4	25,8041	-6,4669	0,2437	0,1241
4	5	16,4804	12,0174	0,1035	0,0527
5	6	12,7578	27,0903	0,1333	0,1151
6	7	11,7331	35,2951	0,0258	0,0852
7	8	7,6405	-145,654	0,0417	0,0137
8	9	22,4642	170,6837	0,5198	0,3734
9	10	27,4198	169,0265	0,7849	0,5564
10	11	32,3794	167,8898	0,2061	0,0681
11	12	36,3847	165,4248	0,4956	0,1639
12	13	37,7053	18,5807	2,087	1,6421
13	14	34,3544	25,5144	0,6392	0,8414
14	15	22,597	-18,8529	0,3018	0,2686
15	16	17,8538	-21,2822	0,2379	0,1737
16	17	12,8435	-22,2476	0,2126	0,2839
17	18	7,8315	-24,4111	0,0449	0,0352
2	19	31,2586	-24,0296	0,1602	0,1529
19	20	23,4689	-24,0511	0,8285	0,7465
20	21	15,6513	-24,0609	0,1003	0,1172
21	22	7,8282	-24,071	0,0434	0,0574
3	23	36,5695	-78,3513	0,6034	0,4123
23	24	31,8656	-89,5761	0,9118	0,72
24	25	36,9154	-154,116	1,221	0,9554
6	26	3,0434	168,2216	0,0019	0,001
26	27	8,1677	161,3751	0,019	0,0097
27	28	13,3176	159,815	0,1878	0,1656

Lanjutan tabel 4.10

28	29	18,3274	160,2921	0,2701	0,2353
29	30	29,2041	156,3509	0,4328	0,2205
30	31	37,271	-26,6198	1,3536	1,3377
31	32	24,1478	-27,4694	0,1811	0,211
32	33	5,7266	-33,7565	0,0112	0,0174
Total Rugi Daya				14,9299	11,4444

Tabel 4.11 Tegangan setelah penempatan 3 DG dan 3 Kapasitor

bus	Tegangan	bus	Tegangan	bus	Tegangan
1	12,66	12	12,6586	23	12,6055
2	12,6501	13	12,6451	24	12,5828
3	12,6198	14	12,639	25	12,6014
4	12,6099	15	12,6225	26	12,5999
5	12,6044	16	12,6066	27	12,6025
6	12,5992	17	12,583	28	12,62
7	12,6016	18	12,576	29	12,6382
8	12,6051	19	12,6435	30	12,6548
9	12,6307	20	12,5983	31	12,6063
10	12,6626	21	12,5894	32	12,5956
11	12,6693	22	12,5813	33	12,5923

Tabel 4.12 Penempatan dan Kapasitas 3 DG 3 Kapasitor

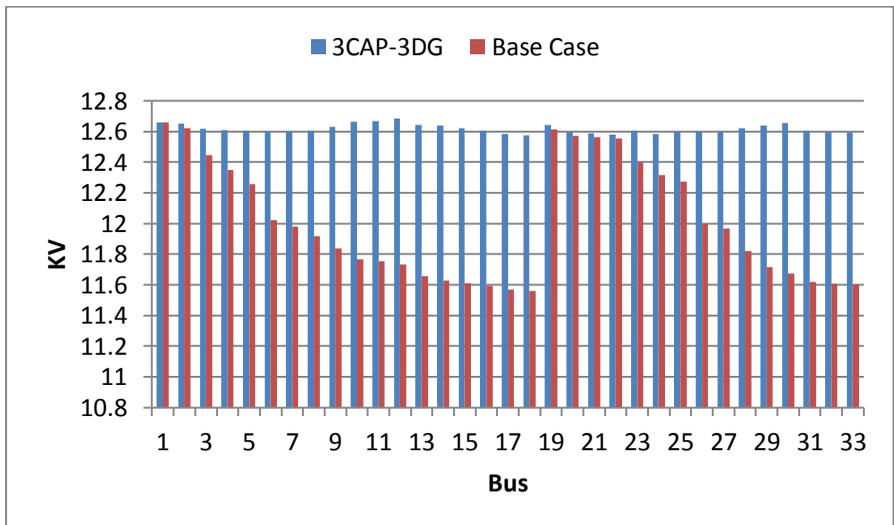
DG		
No. DG	Lokasi Bus ke-	Kapasitas(MW)
1	25	0,84

Lanjutan tabel 4.12

2	30	0,96
3	12	0,96
Kapasitor		
No. Kapasitor	Lokasi Bus ke-	Kapasitas(MVar)
1	7	0,24
2	30	0,96
3	14	0,36

Dari data hasil percobaan tabel 4.10 dan 4.11 menunjukkan bahwa rugi daya nyata pada sistem berkurang cukup signifikan sebesar 92,63 % menjadi 14,9299 KW.

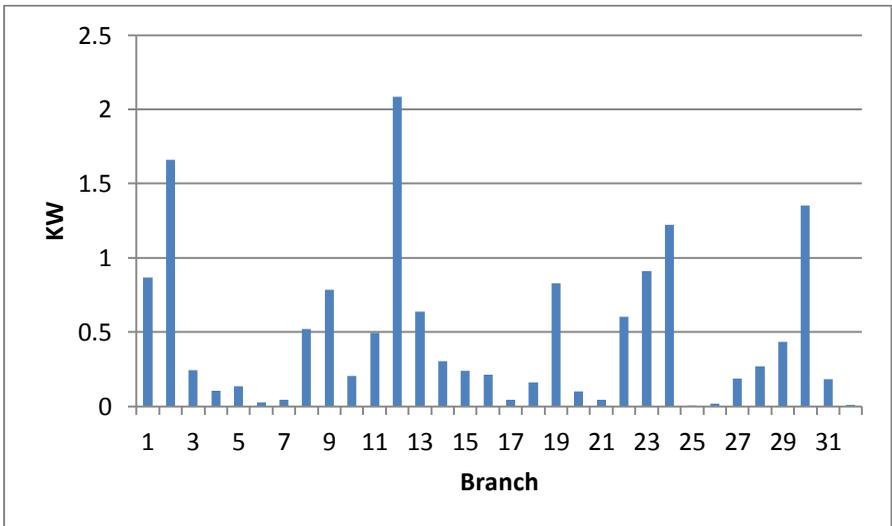
Berikut menunjukkan grafik dari profil tegangan pada setiap bus setelah pemasangan 3 DG dan 3 kapasitor.



Gambar 4.10 Profil tegangan 3 DG dan 3 kapasitor

Gambar grafik menunjukkan besarnya tegangan setiap bus hampir mendekati 1 p.u. yaitu 12,66 KV. Hal ini menunjukkan dengan semakin banyak DG dan kapasitor yang dipakai maka semakin besar penurunan total rugi daya yang dihasilkan oleh sistem. Penggunaan kedua komponen DG dan kapasitor dapat mengurangi rugi daya lebih baik daripada penggunaan DG saja atau kapasitor saja.

Gambar dibawah menunjukkan besar rugi daya pada setiap cabang pada sistem distribusi IEEE 33 bus.

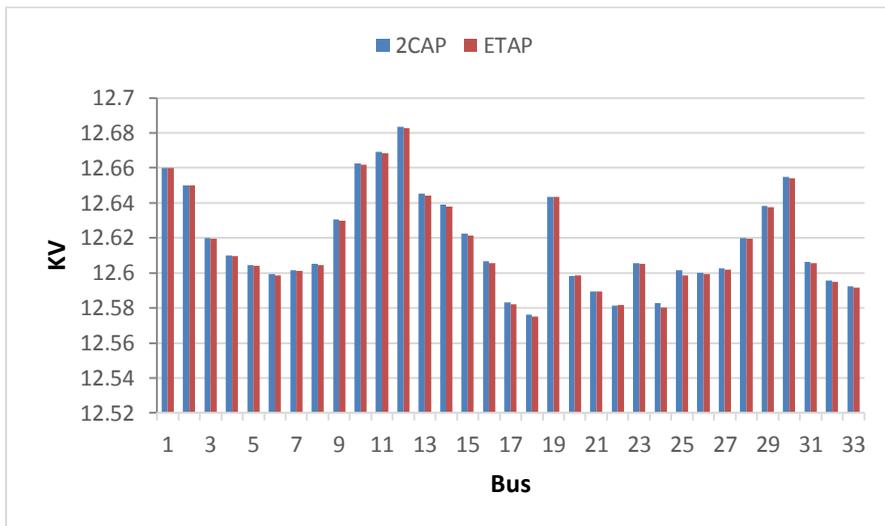


Gambar 4.11 Rugi optimasi 3 DG dan 3 kapasitor

Pada gambar 4.11 grafik rugi daya pada setiap cabang mengalami penurunan yang signifikan menjadi 2,087KW maksimal pada cabang ke 12.

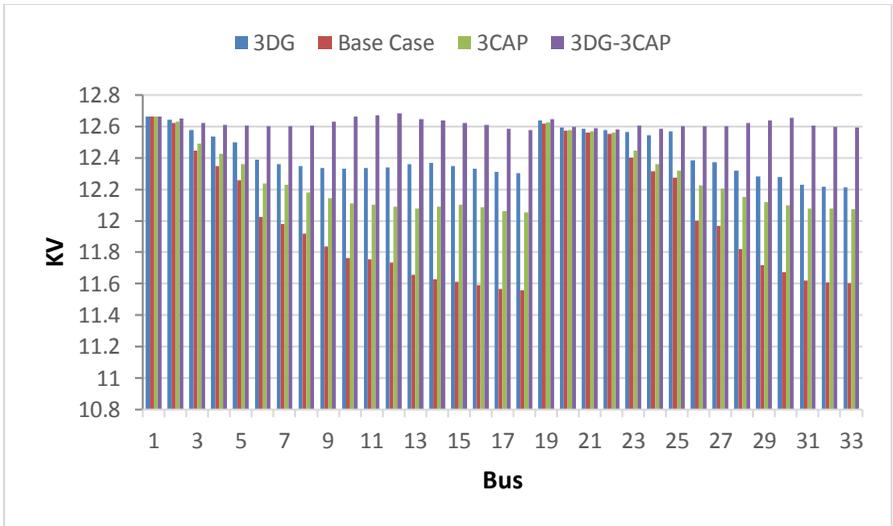
Sebagai pembandingan hasil dari simulasi dan ETAP memiliki beda yang kecil yaitu pada ETAP pada peletakan tersebut di atas

menghasilkan rugi daya sebesar 14,9 KW memiliki persen error sebesar 0,2% berikut adalah gambar profil tegangan perbandingan degan ETAP



Gambar 4.12 Validasi profil tegangan 3DG dan 3 kapasitor

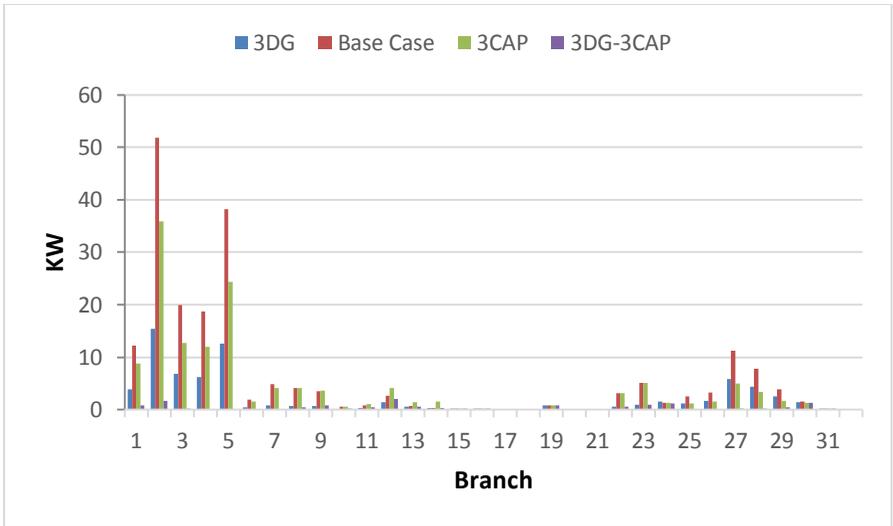
Berikut adalah grafik dari penggabungan dari profil tegangan ketiga kasus.



Gambar 4.13 Perbandingan profil tegangan

Pada gambar 4.13 menunjukkan bahwa dengan menggabungkan penggunaan dari DG dan kapasitor dapat memperbaiki profil tegangan tiap bus pada sistem distribusi.

Berikut grafik dari penggabungan ketiga kasus yang menggambarkan penurunan rugi pada tiap cabang .



Gambar 4.14 Perbandingan rugi daya

Berikut adalah tabel perbandingan dari ketiga skenario yang telah diujikan.

Tabel 4.13 Perbandingan hasil simulasi

No	Keterangan	Lokasi	Kapasitas	Rugi daya (KW)	Persentase Rugi (%)
1	Tanpa DG dan Kapasitor	-	-	202,7	-
2	Dengan penempatan DG	25	0,9	72,7457	64,1116428
		30	0,96		
		14	0,78		
3	Dengan penempatan kapasitor	32	0,36	141,8137	30,0376418
		15	0,66		
		30	0,78		

Lanjutan tabel 4,13

4	Dengan penempatan DG dan kapasitor	DG		14,9299	92,6344845
		25	0,84		
		30	0,96		
		12	0,96		
		Kapasitor			
		7	0,24		
		30	0,96		
		14	0,36		

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Mohamed Imran, M. Kowsalya, D.P. Kothari, “Optimal Distributed Generation and Capacitor placement in Power Distribution Networks for Power Loss Minimization”, IEEE (2014)
- [2] H. Moradi Mohammad, Zeinalzadeh Arasch, Mohammadi Younes, Abedini Mohammad, “An Efficient Hybrid Method For Solving The Optimal Siting And Sizing Problem Of DG And Shunt Capacitor Banks Simultaneously Based On Imperialist Competitive Algorithm And Genetic Algorithm”, *Electrical Power and Energy System* 54,2014
- [3] Meysam Kalantari, Ahad Kazemi, “Placement of Distributed Generation unit and Capacitor Allocation in Distribution Systems using Genetic Algorithm”, IEEE (2011) , 978-1-4244-8782-0/11
- [4] Utari, “Penempatan Distributed Generation Menggunakan Algoritma Genetika Untuk Mengurangi Rugi – Rugi Daya dan Meningkatkan Keandalan”, Tugas Akhir Teknik Elektro ITS 2012.
- [5] Wijaksono, Yohanes Andri “Penentuan Lokasi Dan Nilai Kapasitor Pada Sistem Distribusi Radial Terdistori Menggunakan Metode Particle Swarm Optimization” Tugas Akhir Teknik Elektro ITS 2013.
- [6] Wijaya ,Radika Hendri “Penempatan dan Penentuan Kapasitas Optimal dari *Distributed Generation* (DG) dengan Mempertimbangkan *Maximum Loadability* Menggunakan *Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm-II* (NSGA-II)” Tugas Akhir Teknik Elektro ITS 2012.
- [7] Basuki, Achmad, “Algoritma Genetika”, PENS-ITS, Surabaya, 2003

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari simulasi dan analisis pada tugas akhir ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan menempatkan DG dapat meminimalkan rugi daya lebih banyak dibandingkan dengan menempatkan kapasitor.
2. Hasil optimasi penempatan 3 DG dan 3 kapasitor yang ditempatkan secara simultan didapatkan DG pada bus 25,30 dan 12 sedangkan kapasitor pada bus 7,30 dan 14.
3. Pada penempatan optimal 3 DG dan 3 kapasitor yang ditempatkan secara simultan dengan metode AG dapat menurunkan rugi daya dari 202.7KW menjadi 14.9299 KW.

5.2 SARAN

Saran yang dapat diberikan untuk perbaikan dan pengembangan simulasi ini adalah sebagai berikut :

1. Pada pengembangan selanjutnya diharapkan dapat memperbaiki aliran daya yang digunakan sehingga dapat memperkecil persentase error.
2. Hasil dari pengujian ini diharapkan dapat menjadi pembandingan untuk penggunaan metode optimasi yang lainnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Dwi Setianto dan dilahirkan di Surabaya – Jawa Timur pada Tahun 1991. Penulis memulai pendidikan di Sekolah Dasar Negeri Ketintang 1 Surabaya dan melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 12 Surabaya dan SMA Negeri 5 Surabaya. Pada tahun 2009, penulis melanjutkan pendidikan jenjang Diploma di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya dengan konsentrasi bidang studi Teknik

Elektronika. Pada tahun 2013 penulis berhasil menyelesaikan pendidikan diploma dan pada saat itu juga melanjutkan pendidikan untuk jenjang sarjana. Pendidikan sarjana ditempuh di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya di jurusan teknik elektro dengan konsentrasi bidang studi sistem tenaga.