

SKRIPSI

**ANALISA ALOKASI *DISTRIBUTED GENERATION* (DG) PADA
JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL 20 kV UNTUK MENGURANGI
RUGI - RUGI DAN PERBAIKAN PROFIL TEGANGAN PADA
G.I POLEHAN PENYULANG KEDUNGKANDANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE *GENETIC ALGORITHM* (GA)**



MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG

Disusun Oleh :

ELSA CHRISTIAN HAPE

NIM : 05.12.001

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2010**

12/11/2018

MEMORANDUM
TO : DEPT. OF HEALTH SERVICES
FROM : DEPT. OF HEALTH SERVICES
SUBJECT: ...



DATE: 11/11/18

BY: DEPT. OF HEALTH SERVICES

NO: 11/11/18

DEPT. OF HEALTH SERVICES
11/11/18

0100

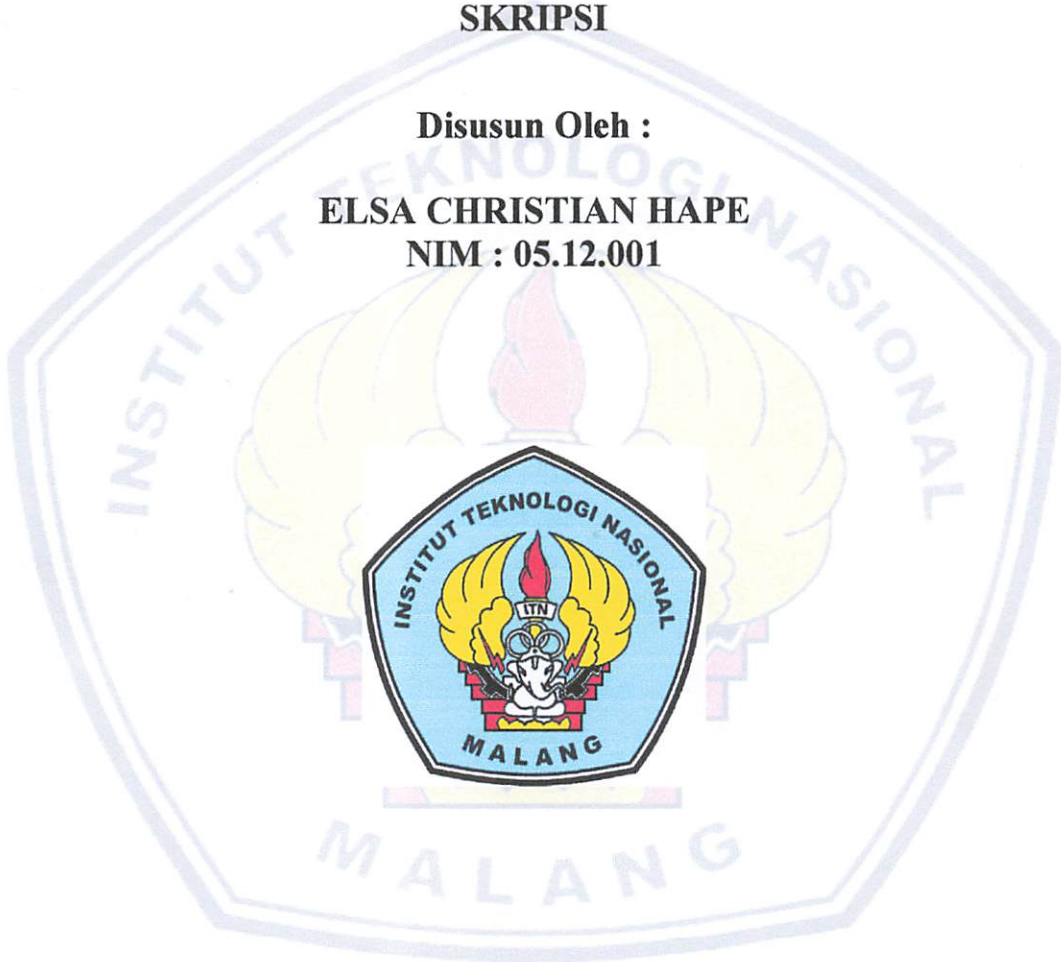
**ANALISA ALOKASI *DISTRIBUTED GENERATION* (DG) PADA
JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL 20 kV UNTUK MENGURANGI
RUGI – RUGI DAN PERBAIKAN PROFIL TEGANGAN PADA
G.I POLEHAN PENYULANG KEDUNGKANDANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE *GENETIC ALGORITHM* (GA)**

SKRIPSI

Disusun Oleh :

ELSA CHRISTIAN HAPE

NIM : 05.12.001



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2010**

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISA ALOKASI *DISTRIBUTED GENERATION* (DG) PADA
JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL 20 kV UNTUK MENGURANGI
RUGI – RUGI DAN PERBAIKAN PROFIL TEGANGAN PADA
G.I POLEHAN PENYULANG KEDUNGKANDANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE *GENETIC ALGORITHM* (GA)**

SKRIPSI

*Disusun dan Diajukan Untuk Melengkapi dan
Memenuhi Syarat-Syarat Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik*

**Disusun Oleh :
ELSA CHRISTIAN HAPE
NIM : 05.12.001**



**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro**

**Ir. F. Yudi Limraptono, MT
NIP.Y. 1039500274**

**Diperiksa dan disetujui,
Dosen Pembimbing**

**Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP.Y. 1018800189**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2010**

ABSTRAKSI

ANALISA ALOKASI *DISTRIBUTED GENERATION* (DG) PADA JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL 20 kV UNTUK MENGURANGI RUGI – RUGI DAN PERBAIKAN PROFIL TEGANGAN PADA G.I POLEHAN PENYULANG KEDUNGKANDANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE *GENETIC ALGORITHM* (GA)
(ELSA CHRISTIAN HAPE, Nim 05.12.001, Teknik Elektro/T.Energi Listrik S-1)
(Dosen Pembimbing : Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT)

Kata Kunci : *Distributed Generation, Genetic Algorithm.*

Kebutuhan akan energi listrik saat ini merupakan faktor yang sangat dominan sebagai pendukung aktivitas kehidupan masyarakat. Pada wilayah UPJ Kedungkandang beberapa hal yang menjadi kendala bagi penyediaan energi listrik sekarang adalah pertumbuhan beban yang pesat tanpa ditunjang dengan penyediaan tenaga pembangkit yang memadai, disamping itu besarnya tegangan yang diterima pemakai tidaklah sama. Guna memberikan mutu pelayanan yang baik telah dilakukan penambahan sumber daya reaktif di daerah sekitar beban dengan harapan memperbaiki profil tegangan dan mengurangi rugi-rugi daya pada sistem distribusi radial 20 kV G.I Polehan penyulang Kedungkandang.

Alternatif untuk suplay daya reaktif ini adalah dengan pemasangan *Distributed Generation (DG)* atau pembangkitan terdistribusi yang merupakan suatu sumber tenaga listrik yang terhubung secara langsung pada jaringan distribusi atau pada sisi pelanggan dari jarak tertentu dan memiliki ukuran terbatas yang terpasang pada gardu induk atau beban. Metode yang dipakai dalam menganalisa masalah penentuan penempatan DG pada jaringan distribusi adalah dengan menggunakan metode *Genetic Algorithm (GA)*, guna mendapatkan hasil yang lebih optimal.

Penulisan ini menjelaskan masalah penempatan *Distributed Generation (DG)* optimal dalam sebuah sistem distribusi. Bagaimana menentukan lokasi secara optimal dalam memasang DG, pemasangan dari DG ini untuk mendapatkan fungsi tujuan yang diinginkan yaitu mengurangi rugi-rugi daya, memperbaiki profil tegangan. Dimana sebelum penempatan, jatuh tegangan sebesar 2,524% menjadi 1,698% yang terjadi pada bus 261, untuk rugi-rugi saluran dari 23,8 kW menjadi 14,1 kW. Algoritma solusi diuji dalam sebuah sistem daya 24 bus di G.I Polehan penyulang Kedungkandang.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas karunia-Nya memungkinkan penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul, **“ ANALISA ALOKASI *DISTRIBUTED GENERATION* (DG) PADA JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL 20 kV UNTUK MENGURANGI RUGI – RUGI DAN PERBAIKAN PROFIL TEGANGAN PADA G.I POLEHAN PENYULANG KEDUNGKANDANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE *GENETIC ALGORITHM* (GA) ”.**

Skripsi ini bertujuan untuk memenuhi kurikulum akademik yang harus ditempuh oleh setiap mahasiswa ITN Malang guna menyelesaikan pendidikan pada jenjang strata satu jurusan Teknik Elektro konsentrasi Teknik Energi Listrik di Institut Teknologi Nasional Malang.

Atas segala bimbingan, pengarahan dan bantuan yang diberikan, sehingga tersusunnya skripsi ini, maka penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ibuku Emriyati dan Ayahku Eko Harry Poernomo tercinta
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku Rektor ITN Malang
3. Bapak Ir. Sidik Noertjahjono, MT selaku Dekan FTI ITN Malang
4. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1 ITN Malang.
5. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro S-1 ITN Malang.
6. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT selaku Dosen Pembimbing.

7. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini yang tak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak yang perlu disempurnakan. Oleh sebab itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan.

Akhirnya penulis mengharapkan skripsi dapat berguna dan bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa khususnya pada jurusan Teknik Elektro S-1 konsentrasi Teknik Energi Listrik.

Malang, Februari 2010

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman:
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
ABSTRAKSI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GRAFIK	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Metode Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK DAN APLIKASI DG	
2.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik	7
2.1.1. Sistem Distribusi Primer (Jaringan Tegangan Menengah)....	8
2.1.2. Sistem Distribusi Sekunder (Jaringan Tegangan Rendah)....	8

2.2.	Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik.....	9
2.2.1.	Sistem Jaringan Distribusi Radial	9
2.2.2.	Sistem Jaringan Distribusi Tertutup (Loop)	11
2.2.3.	Sistem Jaringan Distribusi <i>Mesh</i>	11
2.3.	Beban Pada Jaringan Distribusi	12
2.4.	Daya Dalam Sistem Tenaga	14
2.4.1.	Daya Nyata (<i>Real Power</i>)	14
2.4.2.	Daya Reaktif (<i>Reactive Power</i>).....	15
2.4.3.	Daya Semu (<i>Apparent Power</i>).....	15
2.5.	Rugi-rugi Energi (Energi Losses).....	15
2.5.1.	Pengumpulan informasi awal.....	16
2.5.2.	Perhitungan <i>Technical Losses</i>	17
2.6.	<i>Distributed Generation (DG)</i>	18
2.6.1.	Kapasitas DG	19
2.6.2.	Macam Teknologi DG	20
2.6.2.1.	<i>Photovoltaic (PV)</i>	20
2.6.2.2.	<i>Wind Turbin</i>	22
2.6.2.3.	<i>Small Hydro Micro Hydro</i>	24
2.6.2.4.	<i>Fuel Cell</i>	25
2.6.2.5.	Mesin Diesel.....	27
2.6.3.	Interkoneksi DG.....	27
2.7.	<i>ETAP Powerstation 4.0.0</i>	30
2.8.	<i>MATLAB 7.0.4</i>	34

BAB III METODE GENETIC ALGORITHM DAN PENERAPAN

3.1. Metode <i>Newton Raphson</i>	36
3.1.1. Algoritma Aliran Daya <i>Newton Raphson</i>	39
3.1.2. <i>Flowchart</i> Algoritma Aliran Daya <i>Newton Rahpson</i>	40
3.2. Algoritma Genetika.....	41
3.2.1. Istilah-istilah Algoritma Genetika.....	42
3.2.2. Proses Algoritma Genetika	46
3.2.3. Elitsm	50
3.2.4. <i>Crossover</i> (Pindah Silang).....	50
3.2.5. <i>Mutation</i> (Mutasi).....	52
3.3. <i>Objective Function</i>	54
3.3.1. Algoritma Program <i>Genetic Algorithm</i>	56
3.3.2. <i>Flowchart Genetic Algorithm</i>	58
3.4. Pengumpulan Data.....	59
3.4.1. Area Pelayanan dan Jaringan Malang.....	59
3.4.2. Penyulang Kedung Kandang	59
3.4.2.1. <i>Single line diagram</i> Unit Pelayanan Kedung Kandang	60
3.4.2.2. Data Pengukuran Trafo.....	61
3.4.2.3. Data Impedansi Konduktor.....	62
3.4.2.4. Data Saluran.....	62
3.4.3. Data DG	63

BAB IV ANALISA DAN HASIL

4.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik G.I Polehan	66
---	----

4.2.	Solusi perhitungan Load Flow dengan ETAP Powerstation...	66
4.3.	Analisa Perhitungan	68
4.4.	Prosedur Pelaksanaan Program.....	70
4.5.	Perhitungan Biaya.....	92

BAB V KESIMPULAN

5.1.	Kesimpulan.....	96
------	-----------------	----

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar :

Halaman :

2.1.	Jaringan Distribusi Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dan Sambungan Rumah ke Pelanggan	7
2.2.	Sistem Jaringan Distribusi Radial.....	10
2.3.	Sistem Jaringan Distribusi <i>Loop</i>	11
2.4.	Sistem Jaringan Distribusi <i>Mesh</i>	12
2.5.	<i>One line diagram</i> tipikal interkoneksi dengan DG.....	18
2.6.	Teknologi <i>Photovoltaic</i>	20
2.7.	Teknologi <i>Wind Turbin</i>	22
2.8.	<i>Micro Hydro</i>	25
2.9.	<i>Fuel Cell</i>	26
2.10.	Mesin Diesel	27
2.11.	Interkoneksi DG.....	28
2.12.	Menu untuk membuat <i>Project</i> baru	31
2.13.	Tampilan keseluruhan ETAP Powerstation 4.0.0.....	31
2.14.	Tampilan untuk mengubah <i>properties</i> dari komponen listrik	32
2.15.	Tombol <i>Load Flow</i> Analisis pada <i>mode toolbar</i>	33
2.16.	<i>Load Flow Toolbar</i>	33
2.17.	Tampilan awal <i>MATLAB</i> versi 7.0.4.....	35
3.1.	<i>Flowchart</i> algoritma aliran daya <i>Newton Rapshon</i>	40
3.2.	<i>Roulette-Wheel</i>	49

3.3.	Pembentukan Next Generation dalam Algoritma Genetika	50
3.4.	Ilustrasi Operator Dengan One Point Crossover.....	51
3.5.	Ilustrasi Operator Dengan Two Point Crossover	51
3.6.	Ilustrasi Operator Dengan Uniform Crossover.....	52
3.7.	Ilustrasi Operator Mutasi Untuk Representasi String Binner	53
3.8.	Ilustrasi Operator Mutasi Untuk Representasi Integer	53
3.9.	<i>Flowchart</i> Algoritma Solusi Genetic Algorithm	58
3.10.	<i>Single line diagram</i> Unit Pelayanan Kedung Kandang	60
4.1.	<i>Single Line Diagram</i> Penyulang Kedung Kandang G.I Polehan yang digambar pada program ETAP Powerstation 4.0.0.....	67
4.2.	Flowchart Pemecahan Masalah	69
4.3.	Tampilan Utama Program <i>ETAP Powerstation</i>	70
4.4.	Tampilan <i>Run Load Flow</i>	71
4.5.	Tampilan <i>Report Manager</i>	72
4.6.	Tampilan utama program MATLAB 7.0.4.....	77
4.7.	Tampilan Inputan Data	78
4.8.	Tampilan Inputan Data Saluran.....	79
4.9.	Tampilan Inputan Data Pembebanan.....	80
4.10.	Tampilan Inputan <i>Objective function</i> dengan metode GA	81
4.11.	Tampilan Parameter dari metode GA	82
4.12.	Tampilan Untuk Menjalankan Program	83
4.13.	Tampilan Hasil letak Optimasi penempatan DG menggunakan GA.....	84
4.14.	Tampilan Optimasi DG pada bus 261.....	85

4.15.	Tampilan Load flow optimasi DG pada bus 261.....	86
4.16.	Tampilan Report Manager setelah penempatan DG.....	86

DAFTAR TABEL

Tabel :	Halaman :
3-1 Istilah Yang Digunakan Dalam Algoritma Genetika.....	43
3-2. Data Rekapitulasi Pengukuran Gardu Trafo Penyulang Kedungkandang	61
3-3. Data Impedansi Konduktor.....	62
3-4. Data Saluran penyulang Kedungkandang.....	63
4-1. Bus Loading Summary Report untuk Bus 20kV	72
4-2. Data Rugi-Rugi Daya Sebelum Penambahan DG	73
4-3. Data Karakteristik Saluran Sebelum Penambahan DG.....	74
4-4. Daya Karakteristik Bus Sebelum Penambahan DG	75
4-5. Data Karakteristik Saluran Setelah Penambahan DG.....	87
4-6. Daya Karakteristik Bus Setelah Penambahan DG.....	88
4-7. Rugi Saluran setelah pemasangan DG.....	91
4-8. Biaya untuk rugi daya aktif per satuan waktu.....	93
4-9. Biaya untuk pemasangan dan bahan bakar DG	94
4-10. Hasil Program <i>Metode Genetic Algorithm (GA)</i>	95

DAFTAR GRAFIK

Grafik :	Halaman :
4-1 Keadaan Daya Aktif sebelum dan sesudah penambahan DG.....	89
4-2 Keadaan Daya Reaktif sebelum dan sesudah penambahan DG	89
4-3 Keadaan Persentase jatuh tegangan sebelum dan sesudah penambahan DG.....	90
4-4 Keadaan Rugi-rugi saluran sebelum dan sesudah penambahan DG.....	92

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan akan energi listrik saat ini merupakan faktor yang sangat dominan sebagai pendukung aktivitas kehidupan masyarakat, sebagaimana pelayanan energi listrik di wilayah APJ Malang oleh PT. PLN (PERSERO).

Khusus pada wilayah APJ Malang UPJ Kedungkandang beberapa hal yang menjadi kendala bagi penyedia energi listrik sekarang adalah pertumbuhan beban yang pesat tanpa ditunjang dengan penyediaan tenaga pembangkit yang memadai, disamping itu besarnya tegangan yang di terima pemakai tidaklah sama. Guna memberikan mutu pelayanan yang baik telah dilakukan penambahan sumber daya reaktif di daerah sekitar beban dengan harapan memperbaiki profil tegangan dan mengurangi rugi-rugi daya pada sistem distribusi radial 20 kV G.I Polehan penyulang Kedungkandang.

Alternatif untuk suplay daya reaktif ini adalah dengan pemasangan *Distributed Generation (DG)* atau pembangkitan terdistribusi yang merupakan suatu sumber tenaga listrik yang terhubung secara langsung pada jaringan distribusi atau pada sisi pelanggan dari jarak tertentu dan memiliki ukuran terbatas yang terpasang pada gardu induk atau beban. Unit-unit pembangkit yang kecil yang terhubung pada sistem distribusi dapat meningkatkan kualitas tegangan hingga sampai ke pengguna akhir, yaitu dengan ketersediaan sokongan/ injeksi tegangan.

Pemasangan unit *Distributed Generation (DG)* pada tempat yang tak optimal akan mengakibatkan rugi-rugi sistem semakin bertambah, sehingga biaya pun akan bertambah. Untuk alasan ini, penggunaan metode optimasi seperti *Genetic Algorithm (GA)* memungkinkan mengindikasikan solusi terbaik dari penggunaan *Distributed Generation (DG)* pada jaringan distribusi yang diberikan serta berguna untuk teknik perencanaan sistem.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas ternyata masih perlu perbaikan profil tegangan dan pengurangan rugi-rugi daya pada sistem distribusi radial 20 kV G.I Polehan penyulang Kedungkandang. Penerapan DG sebagai sumber daya reaktif di harapkan menjadi solusi kebutuhan daya reaktif pada sistem, maka rumusan masalah yang akan dibahas dalam penulisan skripsi ini adalah :
“Bagaimana cara meminimalisir rugi-rugi daya dan perbaikan profil tegangan, agar tegangan yang terdistribusi hingga ke pelanggan dapat terjaga?”.

1.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian adalah untuk menganalisa penempatan lokasi terbaik dari *Distributed Generation (DG)* pada Jaringan Distribusi Radial 20 kV G.I Polehan penyulang Kedungkandang untuk mengurangi rugi-rugi dan perbaikan profil tegangan. Diharapkan dengan pemasangan *Distributed Generation (DG)* akan dapat meminimalkan kerugian pada saluran atau meminimalkan biaya total untuk jaringan yang meliputi operasional pembangkitan

dan kompensasi rugi-rugi energi tidak melebihi batas yang diijinkan.

1.4. Batasan Masalah

Agar permasalahan yang dibahas tidak terlalu meluas, maka ruang lingkup pembahasan adalah sebagai berikut:

1. Studi dilakukan di PT. PLN (persero) pada Gardu Induk Polehan penyulang Kedung Kandang Malang.
2. Simulasi dilakukan dengan menggunakan software *ETAP Power station*.
3. Metode yang di gunakan dalam perhitungan aliran daya adalah metode *Newton Raphson*.
4. Pehitungan optimasi alokasi dilakukan dengan menggunakan software *MATLAB 7.0.4*.
5. Analisa dilakukan dengan menganggap sistem dalam keadaan normal dan hanya sebatas pengkajian beban yang telah ada.
6. Tenaga pembangkitan *Distributed Generation (DG)* pada sistem tidak diperhitungkan.
7. Tidak membahas masalah proteksi dan sinkronisasi.
8. Tidak membahas secara mendetail masalah metode aliran daya yang di gunakan yaitu metode *Newton Raphson*.

1.5. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah :

1. Studi literatur, berupa pengumpulan dan pembahasan referensi yang berkaitan dengan pokok pembahasan masalah ini, sehingga membantu dalam memahami dasar dari peralatan yang di gunakan dalam sistem dan membantu dalam memahami prinsip dan karakteristik setiap parameternya.
2. Pengumpulan data lapangan yang dipakai dalam objek penelitian yakni pada G.I Polehan penyulang Kedung Kandang sebagai objek penelitian.
 - a. Data kuantitatif, yaitu data yang dapat dihitung atau data yang berbentuk angka-angka.
 - b. Data kualitatif, yaitu data yang berbentuk diagram dalam hal ini adalah single line diagram.
3. Melakukan analisis berdasarkan hasil simulasi:
 - a. Analisis aliran daya pada G.I Polehan penyulang Kedung Kandang dengan menggunakan metode *Newton Raphson* dengan menggunakan program software *ETAP Power Station*.
 - b. Analisis penentuan alokasi dari *Distributed Generation (DG)* menggunakan metode *Genetic Algorithm (GA)* pada software *Matlab 7.0.4*.
 - c. Analisa pengaruh pemasangan *Distributed Generation (DG)* terhadap sistem distribusi radial diantaranya perbaikan profil tegangan, pengurangan rugi-rugi dan menganalisa daya kembali ke sistem

menggunakan metode *Newton Raphson* dengan menggunakan program software *ETAP Power Station*.

4. Mengambil kesimpulan dari perbandingan sistem sebelum dan sesudah pemasangan *Distributed Generation (DG)*.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika dari pembahasan di dalam skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi tentang Latar Belakang, Tujuan, Perumusan masalah, Metode penelitian, dan Sistematika penulisan.

BAB II : SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK DAN APLIKASI DG

Pada bab ini akan dibahas masalah sistem jaringan distribusi, pengertian rugi-rugi dan profil tegangan, daya dalam sistem tenaga listrik, *Distributed Generation (DG)*, *ETAP Powerstation 4.0.0*. dan *MATLAB 7.0.4*.

BAB III : METODE GA DAN PENERAPAN

Pada bab ini akan dibahas metode aliran daya *Newton Raphson*, teori-teori mengenai metode *GA*, Algoritma metode *GA*, Pengumpulan Data yang berupa data saluran dan data pembebanan pada G.I Polehan penyulang Kedung Kandang serta data *Distributed Generation (DG)*.

BAB IV : HASIL DAN ANALISA HASIL

Pada bab ini akan dibahas mengenai analisa dan hasil simulasi dari *ETAP Power Station* dan program pada Matlab 7.0.4. mengenai

penentuan letak optimasi *Distributed Generation (DG)* menggunakan metode *GA*, serta perbaikan profil tegangan, rugi-rugi energi sebelum dan setelah penempatan *Distributed Generation (DG)*.

BAB V : PENUTUP

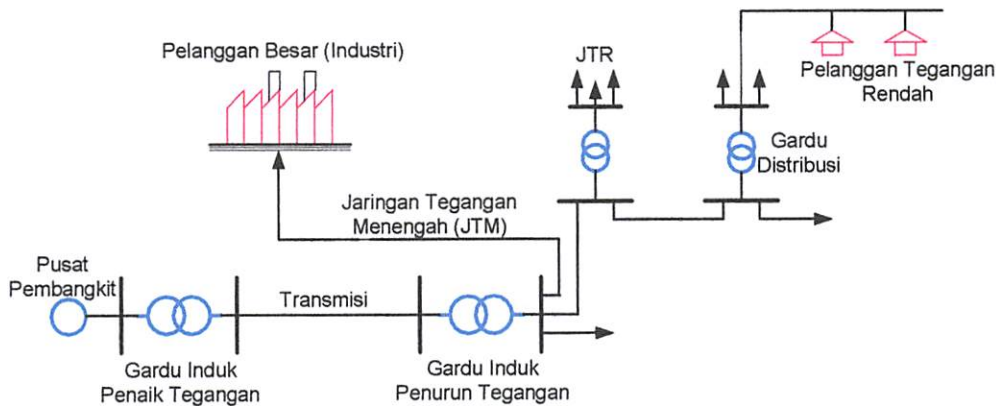
Merupakan bab terakhir yang memuat intisari dari hasil pembahasan, yang berisikan kesimpulan dan saran yang dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk pengembangan penulisan selanjutnya.

BAB II

SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK DAN APLIKASI *DG*

2.1. Sistem Distribusi Tenaga Elektrik ^[2]

Sistem tenaga listrik merupakan suatu sistem terpadu yang terbentuk oleh hubungan-hubungan peralatan dan komponen-komponen listrik. Sistem tenaga listrik ini mempunyai peranan utama untuk menyalurkan energi listrik yang dibangkitkan oleh generator dari pembangkit ke konsumen yang membutuhkan energi listrik.



Gambar 2.1

Jaringan Distribusi Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Distribusi Tegangan Rendah (JTR) dan Sambungan Rumah ke Pelanggan ^[2]

Jaringan setelah keluar dari G.I. biasanya disebut jaringan distribusi. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer maka kemudian tenaga listrik diturunkan tegangannya dalam gardu-gardu distribusi menjadi

tegangan menengah dan tegangan rendah, kemudian disalurkan ke industri-industri, rumah-rumah atau pelanggan (konsumen).

Dalam pendistribusian tenaga listrik ke konsumen, tegangan yang digunakan bervariasi tergantung dari jenis konsumen yang membutuhkan. Untuk konsumen industri biasanya digunakan tegangan menengah 20 kV, sedangkan untuk konsumen perumahan digunakan tegangan rendah 220/ 380 Volt, yang merupakan tegangan siap pakai untuk peralatan-peralatan rumah tangga. Dengan demikian maka sistem distribusi tenaga listrik dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian sistem yaitu :

1. Sistem distribusi primer (Jaringan Tegangan Menengah)
2. Sistem distribusi sekunder (Jaringan Tegangan Rendah)

Pengklasifikasian sistem distribusi tenaga listrik menjadi dua ini berdasarkan tingkat tegangan distribusinya.

2.1.1. Sistem Distribusi Primer (Jaringan Tegangan Menengah)

Tingkat tegangan yang digunakan pada sistem distribusi primer adalah meliputi tegangan 20 KV, oleh karena itu sistem distribusi ini sering disebut dengan sistem distribusi tegangan menengah.

2.2.2. Sistem Distribusi Sekunder (Jaringan Tegangan Rendah)

Tingkat tegangan yang digunakan pada sistem distribusi sekunder adalah tegangan rendah yaitu 127/ 220 Volt atau 220/ 380 Volt, oleh karena itu sistem distribusi ini sering disebut dengan sistem distribusi tegangan rendah.

Sistem jaringan yang digunakan untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik tersebut dapat menggunakan sistem satu fasa dengan dua kawat maupun sistem tiga fasa dengan empat kawat.

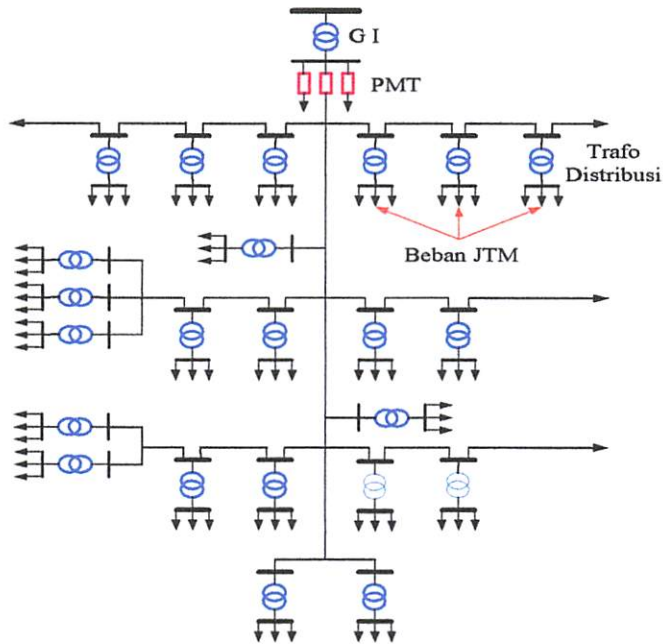
2.2. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik^[2]

Ada beberapa bentuk jaringan yang umum dipergunakan untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik yaitu :

1. Sistem jaringan distribusi radial.
2. Sistem jaringan distribusi rangkaian tertutup (*loop*).
3. Sistem jaringan distribusi *mesh*.

2.2.1. Sistem Jaringan Distribusi Radial

Bentuk jaringan ini merupakan bentuk dasar yang paling banyak digunakan dan yang paling sederhana. Sistem ini dikatakan radial karena dari kenyataan bahwa jaringan ini ditarik secara radial dari gardu induk ke pusat-pusat beban atau konsumen yang dilayaninya. Sistem ini terdiri dari saluran utama (*main feeder*) dan saluran cabang (*lateral*) seperti pada gambar 2.2.



Gambar 2.2
Sistem Jaringan Distribusi Radial [2]

Pelayanan tenaga listrik untuk suatu daerah beban tertentu dilaksanakan dengan memasang transformator disebarkan titik pada jaringan yang sedekat mungkin dengan daerah beban yang dilayani. Untuk daerah beban yang menyimpang jauh dari saluran utama maupun saluran cabang, maka akan ditarik lagi saluran tambahan yang dicabangkan pada saluran tersebut.

Kelemahan yang dimiliki oleh sistem radial adalah jatuh tegangan yang cukup besar dan bila terjadi gangguan pada sistem akan mengakibatkan jatuhnya sebagian atau bahkan keseluruhan beban sistem.

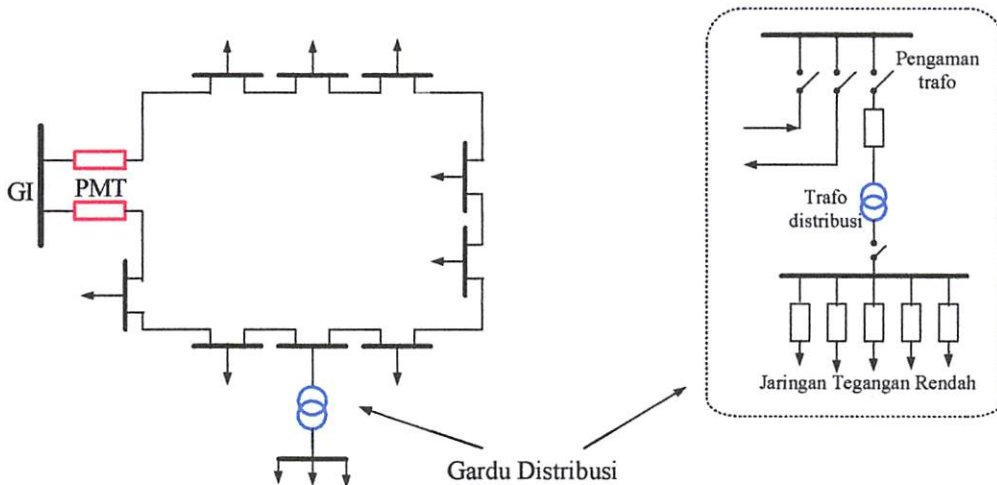
Jaringan distribusi radial ini memiliki beberapa bentuk modifikasi, antara lain:

- (1). Radial tipe pohon.

- (2). Radial dengan tie dan switch pemisah.
- (3). Radial dengan pusat beban.
- (4). Radial dengan pembagian phase area.

2.2.2. Sistem Jaringan Distribusi Tertutup (*Loop*)

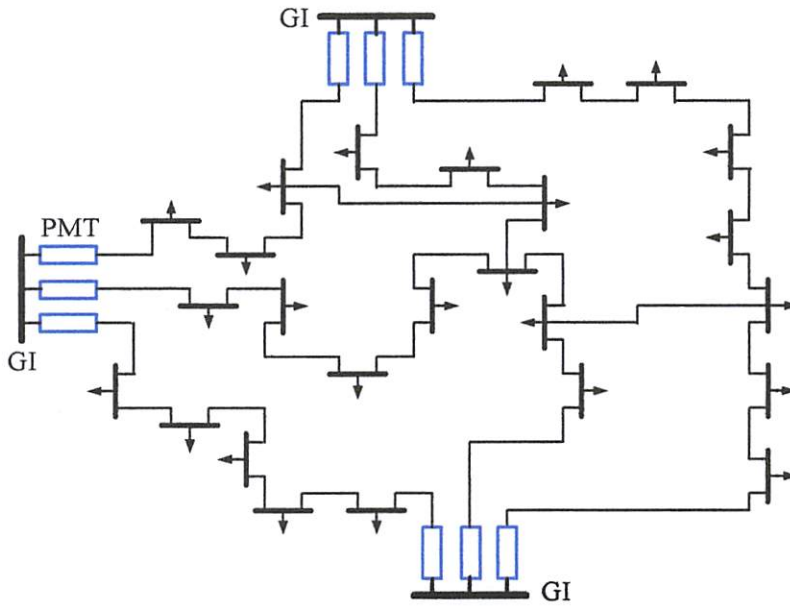
Sistem ini disebut jaringan distribusi *loop* karena saluran primer yang menyalurkan daya sepanjang daerah beban yang dilayani membentuk suatu rangkaian *loop*, seperti terlihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3
Sistem Jaringan Distribusi *Loop*^[2]

2.2.3. Sistem Jaringan Distribusi *Mesh*

Jaringan Distribusi *Mesh* merupakan jaringan yang strukturnya kompleks, dimana kelangsungan penyaluran dan pelayanannya diutamakan. Struktur jaringan ini umumnya digunakan pada jaringan tegangan rendah yang kepadatan bebannya cukup tinggi.



Gambar 2.4
Sistem Jaringan Distribusi *Mesh* [2]

2.3. Beban Pada Jaringan Distribusi

Secara umum beban dilayani oleh sistem distribusi dibagi menjadi beberapa sektor yaitu sektor perumahan, sektor usaha, sektor publik dan sektor industri. Masing-masing sektor beban tersebut mempunyai karakteristik yang berbeda sebab hal ini berkaitan pula dengan konsumsi energi pada masing-masing konsumen di sektor tersebut.

Salah satu karakteristik dalam pembebanan adalah faktor beban (*load factor*) yang berkaitan dengan faktor permintaan dan menyatakan rasio perbandingan antara beban rata-rata selama satu periode tertentu terhadap permintaan maksimum atau beban puncak selama jangka waktu periode tersebut.

$$LoadFactor = \frac{BebanRataRata}{BebanMaksimum} \dots\dots\dots(2.1)$$

Karakteristik beban tersebut merupakan suatu pola pembebanan. Pada sektor perumahan ditunjukkan dengan adanya fluktuasi konsumsi energi listrik yang cukup besar. Hal ini disebabkan konsumsi energi listrik yang lebih dominan pada malam hari. Pada sektor industri fluktuasi konsumsi energi listrik sepanjang hari hampir sama, sehingga perbandingan beban puncak terhadap beban rata-rata hampir sama. Sedangkan pada sektor usaha dan politik mempunyai karakter yang hampir sama, perbedaannya hanya pada beban sektor usaha yang mempunyai beban puncak yang lebih tinggi pada malam hari.

Beban-beban energi listrik dapat diklasifikasikan atas:

a. Beban residensial (perumahan).

Beban residensial merupakan beban listrik di daerah perumahan. Peralatan listrik pada beban ini umumnya terdiri dari lampu penerangan, televisi, radio, lemari es, mesin cuci, kompor, dan alat-alat rumah tangga lainnya. Faktor beban pada beban residensial ini berkisar antara 10%-15%.

b. Beban publik (umum).

Beban publik atau beban umum adalah beban listrik pada kantor-kantor pemerintah dan fasilitas-fasilitas lainnya seperti sekolah, rumah sakit, penerangan jalan dan sebagainya. Faktor beban pada beban publik ini berkisar antara 10%-25%.

c. Beban komersial (usaha).

Beban komersial adalah beban listrik pada daerah perdagangan, toko, hotel, dan lain-lain. Kebutuhan energi listrik pada beban komersial digunakan untuk lampu penerangan, mesin-mesin, kipas angin, *air conditioner*, dan lain-lain.

Beban listrik sebagian besar digunakan didaerah perdagangan. Faktor beban pada beban komersial ini berkisar antara 25%-30%.

d. Beban industri.

Beban industri merupakan beban listrik yang berasal dari peralatan-peralatan listrik di daerah industri. Energi listrik pada daerah industri umumnya digunakan untuk penerangan, motor-motor listrik untuk alat-alat penggerak, dan lain-lain. Faktor beban pada beban komersial ini berkisar antara 24%-30%.

2.4. Daya Dalam Sistem Tenaga ^[2]

Dalam sistem tenaga listrik, pembangkit-pembangkit tenaga listrik harus mampu menyediakan tenaga listrik kepada pelanggan sesuai dengan permintaan beban listrik yang ada, dan hal yang harus diperhatikan adalah sistem yang tetap (konstan). Dalam hal ini tegangan dan frekuensi harus tetap konstan karena berhubungan dengan daya.

Daya listrik yang dibangkitkan dikenal dengan istilah :

2.4.1. Daya Nyata (*Real Power*)

Daya nyata dinyatakan dalam persamaan :

$$P = |V| |I| \cos \theta \dots\dots\dots(2.2)$$

Daya nyata untuk beban 3 fasa seimbang

$$P = \sqrt{3} |V_{jala-jala}| |I_{jala-jala}| \cos \theta \dots\dots\dots(2.3)$$

2.4.2. Daya Reaktif (*Reactive Power*)

Daya reaktif adalah daya yang timbul karena adanya pembentukan medan magnet pada beban-beban induktif (KVAR).

Daya reaktif dinyatakan dalam persamaan :

$$Q = |V| |I| \sin \theta \dots\dots\dots(2.4)$$

Daya reaktif untuk beban 3 fasa seimbang :

$$Q = \sqrt{3} |V_{jala-jala}| |I_{jala-jala}| \sin \theta \dots\dots\dots(2.5)$$

2.4.3. Daya Semu (*Apparent Power*)

Daya semu dinyatakan dalam persamaan :

$$S = |V| |I| \dots\dots\dots(2.6)$$

Daya semu untuk beban 3 fasa seimbang :

$$S = \sqrt{3} |V| |I| \dots\dots\dots(2.7)$$

2.5. Rugi-Rugi Energi (*Energy Losses*)^[3]

Rugi-rugi energi (*energy losses*) adalah suatu kondisi atau keadaan dimana jumlah energi yang disalurkan tidak sama dengan jumlah energi yang di terima pada sisi penerimaan. Terjadinya rugi-rugi energi ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti jauhnya daerah penyaluran tenaga listrik dari sumber, ketidakakuratan dan disfungsi alat-alat pengukuran, umur dari peralatan yang digunakan, dan lain-lain. Rugi-rugi energi pada jaringan distribusi sampai saat ini merupakan masalah yang belum terpecahkan karena rugi-rugi energi pada

jaringan distribusi tidak dapat dihilangkan secara menyeluruh tetapi hanya bisa diminimalkan (direduksi).

Rugi-rugi energi yang bersifat teknis dapat dikelompokkan atas:

a. Rugi-rugi teknis normal (*Normal technical losses*)

Rugi-rugi teknis normal adalah rugi-rugi yang terjadi di dalam jaringan karena adanya pemeliharaan.

b. Rugi-rugi teknis tak normal (*Abnormal technical losses*)

Rugi-rugi teknis tak normal yaitu rugi-rugi yang disebabkan oleh berbagai kesalahan seperti kebocoran alat penyekat bahan isolasi, *touch-sensitive* konduktor, tidak adanya batasan *short circuit*, atau karena beban tak seimbang. Sasaran utama untuk mempelajari rugi-rugi energi pada jaringan distribusi difokuskan pada daerah dengan tingkat rugi-rugi yang tinggi yaitu pada jaringan yang cenderung mengalami rugi-rugi tinggi.

2.5.1. Pengumpulan informasi awal

Setiap kondisi di dalam sistem distribusi dan mungkin juga di dalam daerah kerugian memiliki informasi yang berbeda karena disebabkan adanya parameter-parameter yang berbeda pula. Di dalam perhitungan *technical losses*, berbagai informasi operasional dapat digunakan, namun ketersediaan data yang akan digunakan di dalam metode perhitungan yang dipilih harus terpenuhi agar hasil yang diperoleh tepat.

Parameter-parameter operasional utama yang dapat digunakan dalam perhitungan *technical losses* adalah:

- Jumlah energi yang melalui gardu induk, penyulang atau suplai energi ke konsumen.
- Pembacaan telemeteri.
- Pemeriksaan pengukuran yang dilaksanakan dalam satu tahun.

Ketersediaan informasi seperti itu seharusnya dapat diterima sebagai suatu metode dalam menyederhanakan perhitungan *technical losses* I berdasarkan pengukuran energi yang utama. Sedangkan data energi dapat diperoleh dari pengukuran energi yang utama. Sedangkan data energi dapat diperoleh dari pengukuran arus keluar (arus *outgoing*) pada penyulang tegangan menengah.

2.5.2. Perhitungan *Technical losses*

Pada prinsipnya, *technical losses* dalam jaringan dapat di tentukan dengan perhitungan. Diantara perbedaan komponen *technical losses*, perhitungan *load losses* juga merupakan suatu persoalan. Pemilihan metode perhitungan berdasarkan karakteristik jaringan dan informasi awal yang tersedia akan mempermudah perhitungan.

Untuk perhitungan *technical losses*, nilai dari *technical losses* pada jaringan tegangan menengah ditentukan dengan simulasi *ETAP Powerstation 4.0.0*. Pada *ETAP Powerstation 4.0.0*. akan diperoleh rugi-rugi daya pada saluran dan untuk mengetahui rugi-rugi energi maka digunakan persamaan:

$$E_{loss} = H \times 24 \times kW_{loss} \times LF \dots\dots\dots (2.8)$$

dimana: E_{loss} = Rugi-rugi energi (kWH)

H = Jumlah hari

kW_{loss} = Rugi-rugi daya saluran (kW)

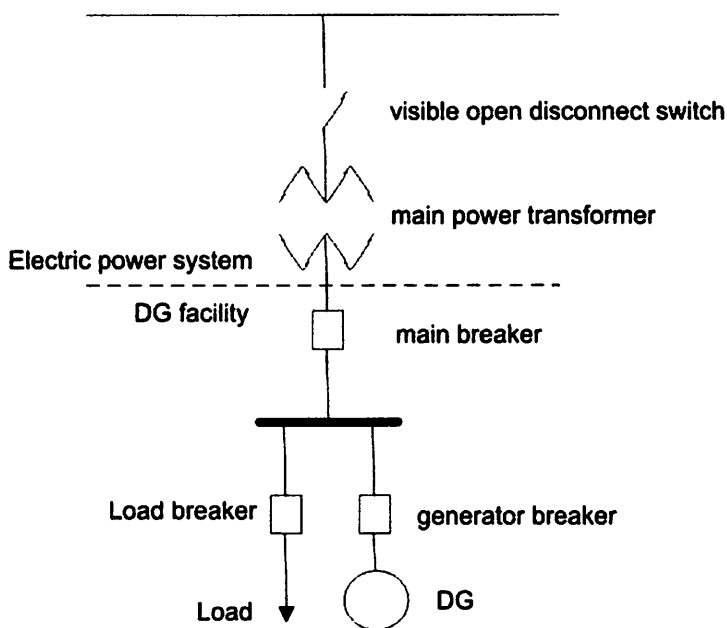
LF = Loss factor

Loss factor dapat di tentukan dengan persamaan:

$$LF = 0,2 \times loadfactor \oplus 0.8 \times loadfactor^2 \dots\dots\dots (2.9)$$

2.6. *Distributed Generation (DG)*

Distributed Generation (DG) adalah sistem pembangkit energi yang terbaru yang saat ini sedang ramai dikembangkan untuk meningkatkan kualitas sistem tenaga listrik. Dalam pengoperasiannya, DG dapat dipasangkan terpisah sebagai sumber elektris mandiri dan dapat juga dikoneksikan pada jaringan distribusi.



Gambar 2.5.
One line diagram tipikal interkoneksi dengan DG^[12]

Dari gambar 2.5. dapat dilihat bahwa pada pemasangannya di jaringan distribusi, DG ditempatkan dekat dengan daerah beban. Berikut ini, beberapa keuntungan dalam pemakaian DG:

1. DG memberikan keandalan yang lebih tinggi dalam pemanfaatan daya oleh konsumen.
2. DG sebagai sumber energi lokal, dapat membantu untuk penghematan daya listrik pada jaringan transmisi dan distribusi.
3. Dibandingkan dengan *Power Plants*, DG memiliki efisiensi yang lebih tinggi dalam penyaluran daya. Selain itu, bila dikoneksikan pada jaringan, DG dapat meningkatkan efisiensi sistem karena DG membantu mengurangi rugi – rugi dalam sistem.
4. Dalam memproduksi energi listrik, DG bersifat ramah lingkungan. Emisi yang dihasilkan dari produksi energi oleh DG tergolong rendah, bahkan mendekati nol.

2.6.1. Kapasitas DG ^[6]

Dalam menentukan besar kapasitas DG yang akan diinjeksikan pada jaringan besarnya kapasitas haruslah lebih kecil atau sama dengan 25% dari total beban pada jaringan tersebut. Total kapasitas DG dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

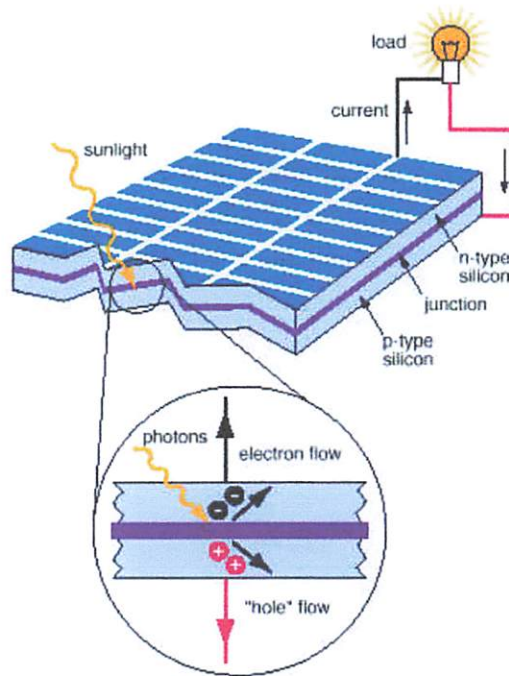
$$totalDGcapacity_{network} = TDGC_{network} \leq 0.25 \times TotalLoad_{network} \dots\dots\dots (2.10)$$

2.6.2. Macam Teknologi DG.

Sumber teknologi DG dapat berupa energi yang terbarukan maupun energi yang tak terbarukan. Beberapa sumber DG yang terbarukan dapat berupa cahaya matahari, angin, air. Sedangkan yang tak terbarukan dapat berupa *fuel cell* (sel bahan bakar) dan Mesin diesel. Berikut beberapa macam teknologi DG.

2.6.2.1. Photovoltaic (PV)

Sel surya atau dalam dunia internasional lebih dikenal sebagai *solar cell* atau *photovoltaic cell*, merupakan sebuah piranti semikonduktor yang memiliki permukaan luas dan mampu merubah cahaya (sinar matahari) menjadi energi listrik.



Gambar 2.6.
Teknologi Photovoltaic^[7]

Sel surya dapat menghasilkan daya listrik dengan ukuran ratusan watt sampai dengan ukuran kapasitas megawatt. Indonesia sebenarnya sangat berpotensi untuk menjadikan sel surya sebagai salah satu sumber energi masa depan mengingat posisi Indonesia pada garis khatulistiwa yang memungkinkan sinar matahari dapat optimal diterima di hampir seluruh Indonesia sepanjang tahun.

Potensi pemanfaatan yang luas dan terbukanya pasar yang cukup besar terutama untuk kebutuhan listrik daerah terpencil di Indonesia, seharusnya dapat menjadi stimulus dunia riset dan industri dalam pengembangan teknologi produksi sel surya di Indonesia;

Keuntungan dalam pemakaian PV sebagai sumber energi:

1. Tidak menghasilkan emisi. Bersifat ramah lingkungan karena hanya memanfaatkan cahaya matahari sebagai sumber energi.
2. Dalam menghasilkan energi, tidak membutuhkan mesin listrik.
3. Pemeliharaan murah.
4. Cahaya matahari sebagai sumber energi tersedia seumur hidup.

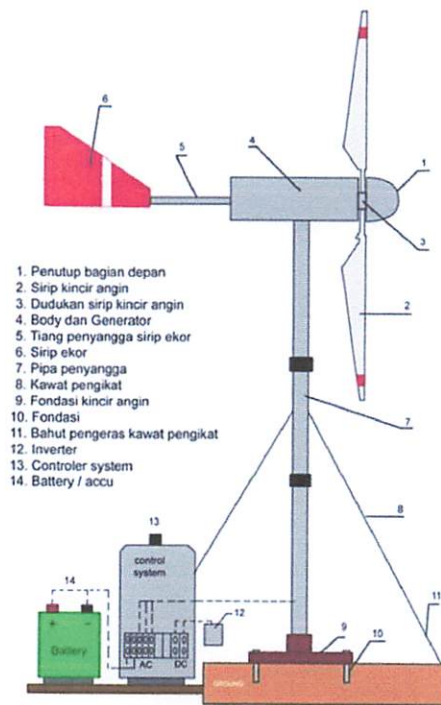
Kelemahan dalam memakai PV adalah:

1. Biaya instal termasuk tinggi.
2. Membutuhkan lahan yang luas untuk penempatan PV guna mendapatkan kapasitas energi yang lebih besar.
3. Output listrik dari PV dapat berkurang bila terkena bayangan. Misalnya tertutup oleh gedung dan pohon.

Dalam pemanfaatannya sebagai sumber energi maupun dalam koordinasinya sebagai DG dalam jaringan listrik dibutuhkan *inverter* untuk mendapatkan 50 – 60 Hz daya AC pada tegangan yang cukup.

2.6.2.2. *Wind Turbin*

Prinsip dasar kerja dari turbin angin adalah mengubah energi mekanis dari angin menjadi energi putar pada kincir, lalu putaran kincir digunakan untuk memutar generator, yang akhirnya akan menghasilkan listrik.



Gambar 2.7.
Teknologi *Wind Turbin* [8]

Berikut adalah bagian-bagian utama dari *Wind Turbin*, yaitu:

1. *Gearbox*.

Alat ini berfungsi untuk mengubah putaran rendah pada kincir menjadi putaran tinggi. Biasanya *Gearbox* yang digunakan sekitar 1:60.

2. *Brake System*.

Digunakan untuk menjaga putaran pada poros setelah *Gearbox* agar bekerja pada titik aman saat terdapat angin yang besar.

3. *Generator*.

Ini adalah salah satu komponen terpenting dalam pembuatan sistem turbin angin. *Generator* ini dapat mengubah energi gerak menjadi energi listrik.

4. Penyimpan energi.

Karena keterbatasan ketersediaan akan energi angin (tidak sepanjang hari angin akan selalu tersedia) maka ketersediaan listrik pun tak menentu. Oleh karena itu di gunakan alat penyimpanan energi yang berfungsi sebagai *back-up* energi listrik.

5. *Rectifier – Inverter*.

Rectifier berarti penyearah, *rectifier* dapat menyearahkan gelombang sinusoidal (AC) yang dihasilkan oleh generator menjadi gelombang DC, sedangkan *Inverter* berarti pembalik dari gelombang DC menjadi gelombang AC.

Keuntungan dalam teknologi *wind turbin*:

1. Biaya pengoperasiannya relatif murah.
2. Tidak menghasilkan emisi.

Kekurangan dalam teknologi *wind turbin*:

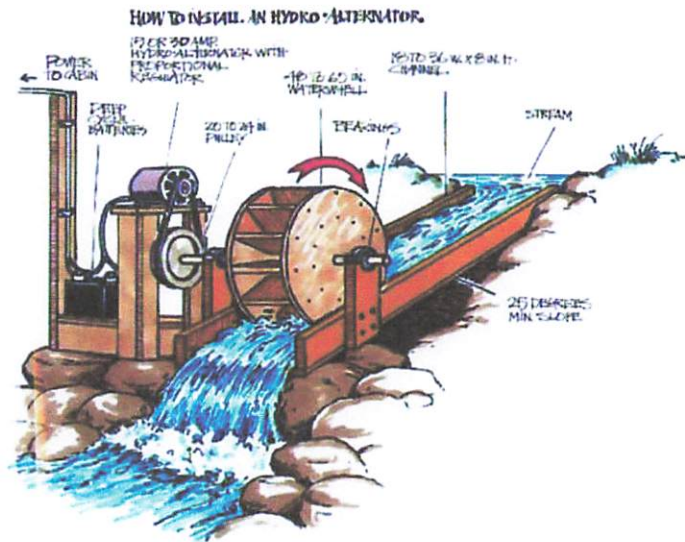
1. Daerah beban yang menjadikan turbin angin sebagai pilihan sumber energi biasanya berada di daerah dengan kekuatan angin yang besar sehingga resiko kecelakaan dalam pembangunan *tower wind turbine* cukup tinggi.
2. Sangat tergantung pada musim.

2.6.2.3. *Small Hydro Micro Hydro*

Pembangkit Listrik Tenaga *Mikrohidro* (PLTMH) pada dasarnya memanfaatkan energi potensi jatuhan air. Semakin tinggi jatuh air (*head*) maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Disamping faktor geografis yang memungkinkan, tinggi jatuh air (*head*) dapat pula diperoleh dengan membendung aliran air sehingga permukaan air menjadi tinggi.

Efisiensi yang dihasilkan oleh *small hydro* mencapai 80%. Kapasitas produksi daya listriknya mencapai 100 watt sampai kapasitas MW tergantung dari posisi *head* dan aliran air, kelebihan dari *small hydro* adalah:

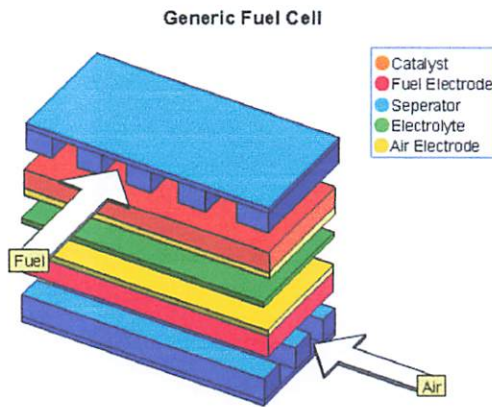
1. Ramah lingkungan.
2. Biaya pembangunan rendah.



Gambar 2.8
Micro Hydro^[9]

2.6.2.4. *Fuel Cell*

Secara sederhana *Fuel Cell* adalah sel bahan bakar yang prinsip kerjanya seperti pada baterai. Hanya bedanya, sejalan dengan waktu pemakaian bahan bakar ini tidak semakin menurun seperti energi listrik yang dihasilkan seperti halnya baterai. Jenis bahan bakar ini juga tidak perlu di *charge* untuk mengembalikan tegangannya. Selain itu bahan bakar ini juga akan menghasilkan energi dalam bentuk listrik dan panas selama suplai bahan bakar ini terus diisikan.



Gambar 2.9.
Fuel Cell^[12]

Sistem *fuel cell* ini dapat memanfaatkan bahan hidrogen dari bahan bakar, hidrokarbon dari gas alam seperti metanol, juga minyak. Karena *fuel cell* bekerja dalam sebuah reaksi kimia dan bukan pada pembakaran tentu saja, gas emisinya yang dihasilkan jauh lebih kecil daripada kinerja mesin yang mendasarkan pada proses pembakaran yang menghasilkan emisi terkecil sekalipun.

Kelebihan penggunaan sel bahan bakar:

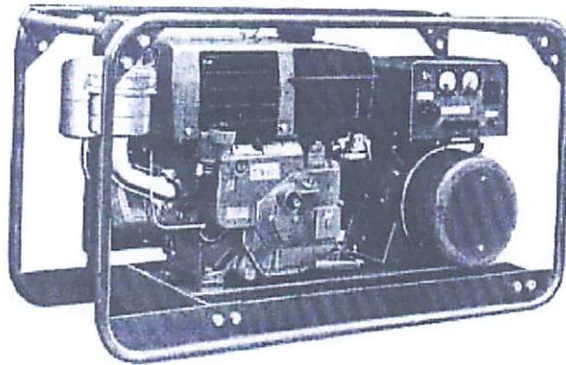
1. Memiliki efisiensi yang tinggi.
2. Ramah lingkungan, tidak menghasilkan emisi karena reaksi yang terjadi adalah reaksi kimia tanpa disertai proses pembakaran.

Kelemahan teknologi sel bahan bakar:

1. Teknologi ini termasuk kompleks.
2. Teknologi ini masih dalam penelitian walaupun telah digunakan sebagai teknologi DG.
3. Memerlukan biaya tinggi untuk pembuatan maupun pengoperasiannya.

2.6.2.5. Mesin Diesel

Mesin diesel adalah suatu mesin yang digolongkan kedalam mesin pembakaran yang terjadi didalam ruang bakar. Pembakaran pada motor diesel terjadi karena bahan bakar yang diinjeksikan ke dalam selinder terbakar dengan sendirinya akibat tingginya suhu udara kompresi dalam ruang bakar. Selanjutnya energi panas yang dihasilkan akan mendorong piston. Gerakan bolak-balik dari piston ini akan berubah menjadi gerak putar pada poros engkol. Gerakan yang merupakan gerak mekanik ini akan dikonversikan menjadi energi listrik dengan cara menghubungkan poros engkol dengan poros generator sehingga dihasilkan energi listrik.



Gambar 2.10.
Mesin Diesel^[10]

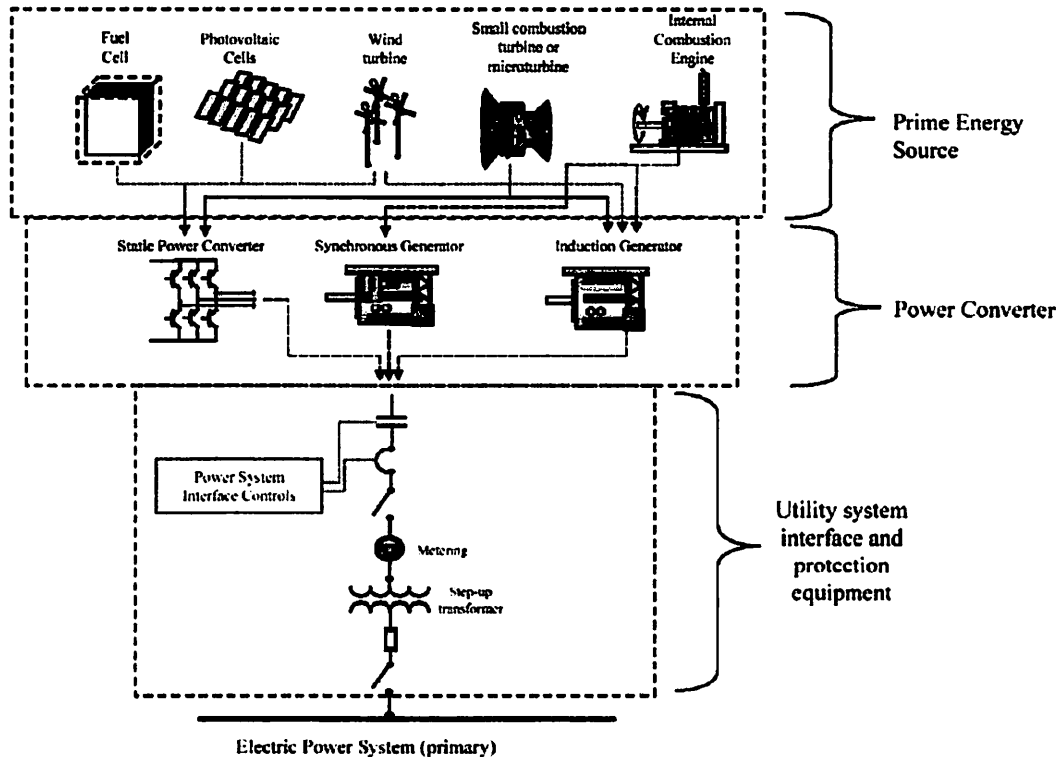
2.6.3. Interkoneksi DG^[4]

Secara garis besar interkoneksi pada DG terbagi atas tiga komponen, yaitu:

1. Sumber Energi Utama (*Prime Energy Resources*).

Menujuk pada teknologi DG sebagai sumber energi seperti *photovoltaik (PV)*, *wind turbin*, *micro hydro*, *fuel cell*. Setiap teknologi DG

memiliki karakter yang berbeda – beda dalam menghasilkan energi. Misalnya tipikal energi yang dihasilkan oleh PV dan *Fuel Cell* berupa *direct current*, atau *wind turbine* yang tipikal energinya berupa energi mekanis (dihasilkan dari putaran pada turbin).



Gambar 2.11.
Interkoneksi DG^[1]

2. Power Converter

Power converter dalam interkoneksi, berfungsi untuk mengubah energi dari sumber energi utama (*prime energy resources*) menjadi energi dengan level frekuensi tertentu (50 – 60 Hz). Secara garis besar, ada 3 kategori *power converter* yang di gunakan dalam interkoneksi yaitu:

- Generator sinkron

- Generator induksi
- Static Power Converter

Generator sinkron dan generator induksi mengkonversi putaran energi mekanis kedalam tenaga listrik dan sering di sebut dengan *Rotating Power Converter*, *Static Power Converter* (biasa dikenal dengan *inverter*) tersusun atas *solid-device* seperti transistor. Pada *inverter*, transistor mengkonversi energi dari sumber menjadi energi dengan frekuensi 50 – 60 Hz dengan *switching (switch on – off)*. Teknologi DG yang dijual dipasaran, kebanyakan telah diintegrasikan dengan *power converter* masing-masing. Misalnya *fuel cell* yang telah diintegrasikan dengan *inverter*. *Power converter* memiliki efek yang besar terhadap DG pada sistem distribusi oleh sebab itu di butuhkan peralatan interkoneksi untuk menjamin keamanan dan kestabilan operasi. Generator sinkron, generator induksi dan *inverter* memberikan respon yang sangat berbeda terhadap variasi kondisi dari sistem tenaga.

3. Sistem *interface* dan peralatan proteksi.

Peralatan ini di tempatkan sebagai penghubung antara terminal output dari *power converter* dan jaringan primer. Komponen interkoneksi ini biasanya terdiri atas *step-up* transformer, metering, kadang ditambahkan kontroler dan relay proteksi. Dalam komponen ini terkadang terdapat *communication link* untuk mengontrol kondisi pada sistem.

2.7. ETAP Powerstation 4.0.0

ETAP powerstation 4.0.0 adalah program yang dapat menganalisa semua grafik *electrical transient* dan dapat di jalankan melalui *Microsoft Windows 95, 98, NT 4.0, 2000, XP dan Vista*. ETAP Powerstation 4.0.0 memungkinkan kinerja yang lebih cepat menggunakan diagram grafik *one line* dan sistem saluran kabel bawah tanah.

Program ETAP Powerstation 4.0.0 telah didesain sesuai dengan 3 konsep seperti dibawah ini, yaitu:

a. Operasi yang nyata (*virtual reality operation*)

Operasi program sama seperti sistem elektrik yang nyata. ETAP Powerstation 4.0.0 tidak bekerjasama dengan konsep baru untuk membedakan penyusunan alat yang aman dari *one line diagram*.

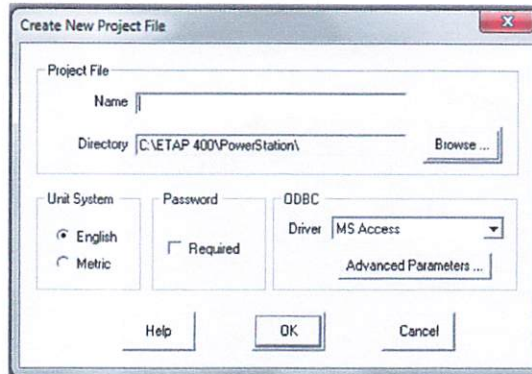
b. Jumlah integrasi dari data (*total integration of data*)

ETAP Powerstation 4.0.0 menggabungkan antara elemen sistem yang elektrik, logis, bermesin, dan atribut – atribut dalam *database* yang sama.

c. Kemudahan dalam pemasukan data (*simplicity in data entry*)

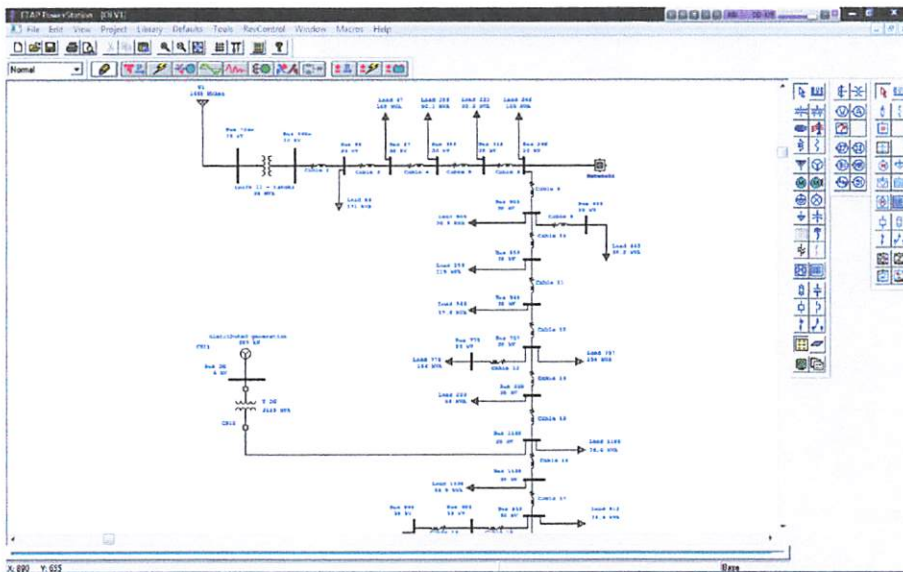
ETAP Powerstation 4.0.0 menyimpan jejak setiap data secara detail dari masing-masing data elektrik. Data editor mempercepat pemasukan data dengan membutuhkan data yang minimum untuk studi tertentu.

ETAP Powerstation 4.0.0 mengelompokkan pekerjaan berdasarkan *project*. Setiap *project* menyediakan semua fasilitas untuk melakukan permodelan dan analisa sistem tenaga listrik. Untuk memulai sebuah analisa, harus dibuat sebuah *project* yang baru dengan cara memilih menu *File*, lalu tekan *New Project*.



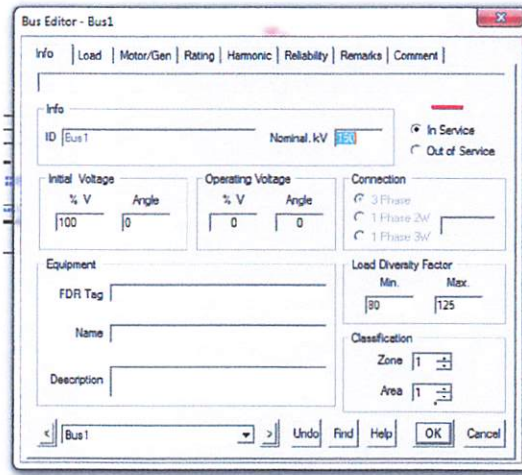
Gambar 2.12.
Menu untuk membuat *Project* baru.

Setelah membuat *project* baru, maka *one line diagram* dari sistem dapat dimasukkan. ETAP *Powerstation* 4.0.0 menyediakan *one line diagram editor* secara grafis. *One line diagram* dibuat dengan menggunakan *edit toolbar* yang terdapat pada sisi sebelah kanan. Dengan *edit toolbar*, kita dapat memasukkan berbagai macam komponen seperti generator, transformator, kabel, busbar, dan sebagainya.



Gambar 2.13.
Tampilan keseluruhan ETAP *Powerstation* 4.0.0.
Setelah memasukkan semua komponen, *properties* dari setiap komponen

listrik yang berada di dalam *one line diagram* dapat di-edit dengan melakukan klik ganda pada komponen tersebut.



Gambar 2.14.
Tampilan untuk mengubah *properties* dari komponen listrik.

Setelah *one line diagram* beserta *properties* masing-masing komponen selesai dibuat, maka analisa pada sistem listrik tersebut dapat dilakukan. Hasil perhitungan program juga akan langsung ditampilkan pada *one line diagram*.

Analisa aliran daya merupakan salah satu fasilitas dalam ETAP *Powerstation 4.0.0*. analisa ini dapat dilakukan dengan cara memilih *Load Flow Analysis* pada *mode toolbar*, yang tampak pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.15.
Tombol *Load Flow Analisis* pada *mode toolbar*.

Setelah menekan tombol tersebut, maka *mode load flow analysis* telah aktif. Pada sisi sebelah kanan akan muncul *load flow toolbar*.



Gambar 2.16.
Load Flow Toolbar.

Load Flow Toolbar terdiri dari beberapa menu yang akan dijelaskan sebagai berikut:

- *Run Load Flow.*

Untuk menampilkan hasil perhitungan *Load Flow* program ini akan langsung menampilkan hasil perhitungan pada *one line diagram*.

- *Display Option.*

Menampilkan beberapa macam *option* untuk hasil analisa yang menampilkan, terdapat pilihan untuk mengatur warna angka hasil perhitungan, satuan yang digunakan dan sebagainya.

- *Alert.*

Menampilkan nilai yang melebihi batas toleransi, sehingga pengguna dapat dengan mudah mengetahui kondisi yang tidak normal pada sistem.

- *Report Manager.*

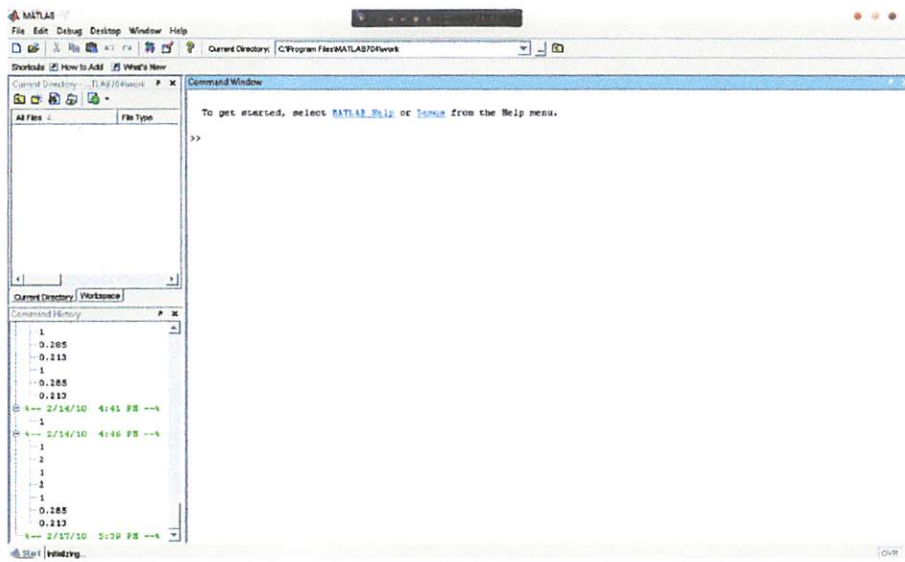
Berfungsi untuk menampilkan maupun mencetak laporan yang dihasilkan dari analisa.

2.8. *MATLAB 7.0.4*

MATLAB adalah sebuah program untuk menyelesaikan perhitungan ilmiah maupun teknik secara numeris. *MATLAB* dikendalikan dengan perintah-perintah (*commands*) dan karenanya bersifat dapat deprogram. *MATLAB* menggunakan teknik-teknik khusus berbasis matriks untuk menyelesaikan persoalan. Dengan cara ini banyak kemudahan yang diperoleh pemakai, selain cara pemrogramannya yang tidak rumit, solusi masalah yang dinyatakan *MATLAB* adalah mirip dengan apa yang dituliskan secara matematis.

Ada banyak aplikasi yang dikembangkan oleh para pemakainya, mulai dari pemrosesan sinyal, kontrol otomatis sampai dengan saraf tiruan. *The Matwork Inc.* yaitu perusahaan yang me-release *MATLAB* menyediakan berbagai versi dari *MATLAB* untuk berbagai jenis komputer. Sebagai analisis pada pembuatan skripsi ini digunakan *MATLAB* versi 7.0.4.

MATLAB secara *default* adalah *case sensitive*, yaitu membedakan pemakaian antara huruf kapital dan huruf kecil. Pada umumnya perintah-perintah *MATLAB* ditulis dengan huruf kecil (*lower case*).



Gambar 2.17.
Tampilan Awal *MATLAB* Versi 7.0.4.

BAB III

METODE *GENETIC ALGORITHM* DAN PENERAPAN

Sebelum melakukan optimasi dengan menggunakan metode *GA* dilakukan suatu proses analisa aliran daya untuk mengetahui kondisi suatu sistem distribusi radial. Tujuan mempelajari analisa aliran daya adalah :

- Untuk mengetahui keadaan tegangan pada setiap bus dari sistem jaringan.
- Untuk mengetahui besarnya daya yang mengalir pada setiap cabang dari struktur jaringan.
- Untuk mengetahui besar rugi-rugi daya aktif dan daya reaktif pada setiap cabang dari saluran.

3.1 Metode Newton Raphson^[4]

Secara matematis persamaan aliran daya *Newton Raphson* dapat diselesaikan dengan menggunakan koordinat rektanguler, koordinat polar atau bentuk hibrid (gabungan antara bentuk kompleks dengan bentuk polar). Dalam pembahasan skripsi ini menggunakan bentuk polar.

Hubungan antara arus simpul I_p dengan tegangan simpul V_q pada suatu jaringan dengan n simpul dapat dituliskan :

$$I_p = \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_{pq} \dots\dots\dots (3.1)$$

Injeksi daya pada simpul p adalah :

$$S_p = P_p - jQ_p = V_p^* \cdot I_p \dots\dots\dots (3.2)$$

$$= V_p^* \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_{pq} \dots\dots\dots (3.3)$$

Dalam penyelesaian aliran daya dengan *Newton Raphson* bentuk persamaan aliran daya yang dipilih adalah polar, dimana tegangan dinyatakan dalam bentuk polar, yaitu :

$$V_p^* = |V_p| e^{-j\delta_p}$$

$$V_q = |V_q| e^{j\delta_q}$$

$$Y_{pq}^* = |Y_{pq}| e^{-j\theta_{pq}}$$

Maka persamaan (3.3) dapat ditulis :

$$P_p - jQ_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| e^{-j(\delta_p - \delta_q + \theta_{pq})} \dots\dots\dots (3.4)$$

Dengan memisahkan bagian riil dan bagian imajiner maka diperoleh :

$$P_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| \cos(\delta_p - \delta_q + \theta_{pq}) \dots\dots\dots (3.5)$$

$$Q_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| \sin(\delta_p - \delta_q + \theta_{pq}) \dots\dots\dots (3.6)$$

Kedua persamaan diatas akan menghasilkan suatu kumpulan persamaan serempak (simultan) yang tidak linier untuk setiap simpul sistem tenaga listrik. Untuk mengetahui magnitude tegangan (V) dan sudut fasa (δ) disetiap simpul dapat diselesaikan dengan menggunakan persamaan (3.5) dan (3.6) yang dilinierkan dengan metode *Newton Raphson* yang dapat dilihat dari persamaan dibawah ini :

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & N \\ M & L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \dots\dots\dots (3.7)$$

Dimana :

ΔP = selisih injeksi bersih daya nyata dengan penjumlahan aliran daya nyata tiap saluran yang menghubungkan simpul dengan V yang didapat dari perhitungan iterasi ke-k

ΔQ = selisih injeksi bersih daya reaktif dengan penjumlahan aliran daya reaktif tiap saluran yang menghubungkan simpul dengan V yang didapat dari perhitungan iterasi ke-k

$\Delta\delta$ = vektor koreksi sudut fasa tegangan

$\Delta|V|$ = vektor koreksi magnitudo tegangan

H, L, M, N merupakan elemen-elemen off diagonal dan diagonal dari sub matriks Jacqobian yang dibentuk dengan mendefinisikan persamaan (3.5) dan (3.6),

dimana:

$$H_{pq} = \frac{\partial P_p}{\partial \delta_q}$$

$$N_{pq} = \frac{\partial P_p}{\partial |V_q|}$$

$$M_{pq} = \frac{\partial Q_p}{\partial \delta_q}$$

$$L_{pq} = \frac{\partial Q_p}{\partial |V_q|}$$

Persamaan (3.7) diselesaikan untuk menghitung vektor koreksi magnitudo tegangan $\Delta(|V|)$ dan sudut fasa tegangan ($\Delta\delta$) yang baru. Sehingga diperoleh harga magnitudo tegangan dan sudut fasa yang baru, yaitu :

$$|V|^{k+1} = |V|^k + \Delta|V|^k \dots\dots\dots (3.8)$$

$$\delta^{k+1} = \delta^k + \Delta\delta^k \dots\dots\dots (3.9)$$

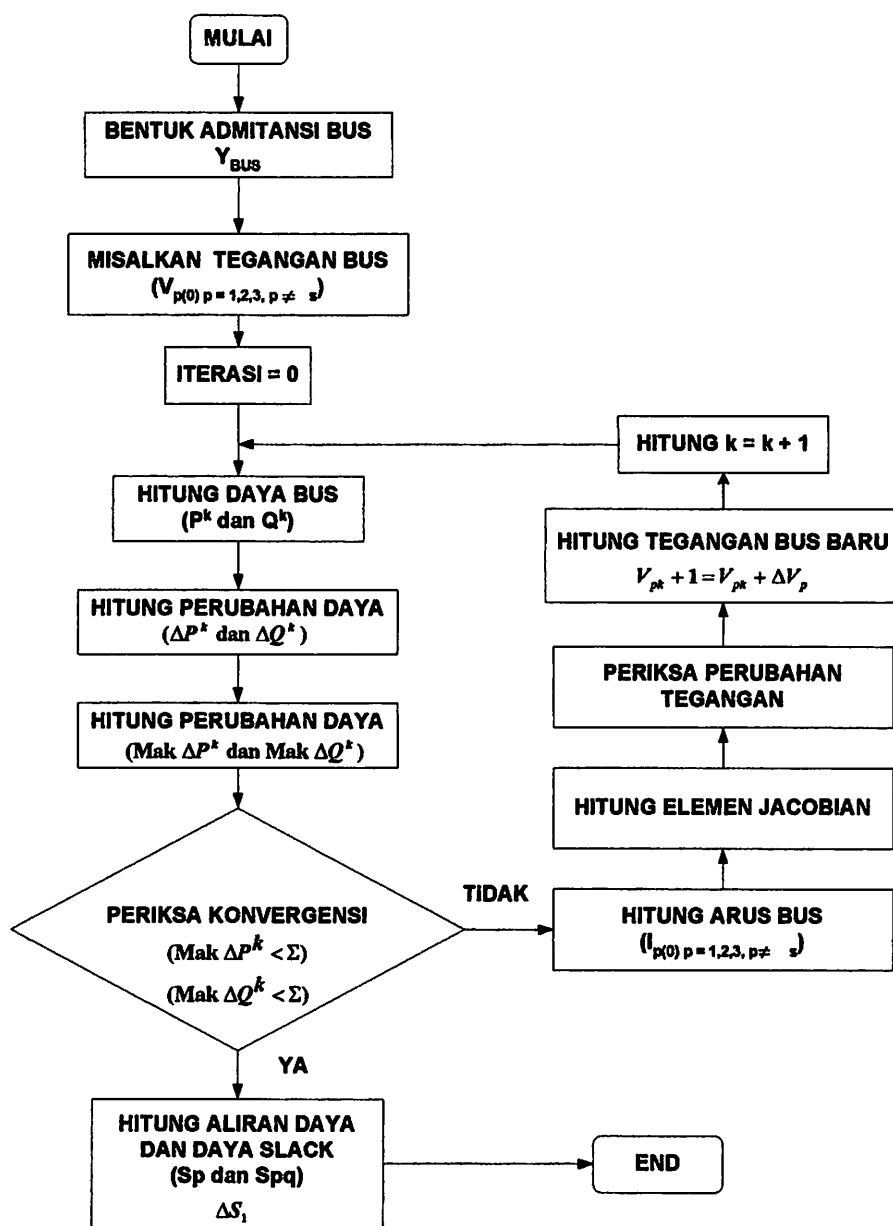
Proses perhitungan akan berulang sampai selisih daya nyata dan daya reaktif antara yang dijadwalkan dengan yang dihitung, yaitu ΔP dan ΔQ untuk

semua simpul mendekati nilai toleransi atau proses perhitungan iterasi mencapai konvergen.

3.1.1. Algoritma Aliran Daya *Newton Raphson*

1. Tentukan nilai $P_{p(\text{ditetapkan})}$ dan $Q_{p(\text{ditetapkan})}$ yang mengalir ke dalam sistem pada setiap rel untuk nilai yang ditentukan atau perkiraan dari besar dan sudut tegangan untuk iterasi pertama atau tegangan yang ditentukan paling akhir untuk iterasi berikutnya.
2. Hitung ΔP pada setiap rel.
3. Hitung nilai-nilai matrik Jacobian dengan menggunakan nilai-nilai perkiraan atau yang ditentukan dari besar dan sudut tegangan dalam persamaan untuk turunan parsial yang ditentukan dengan differensiasi persamaan (3.5) dan (3.6).
4. Hitung koreksi-koreksi tegangan $\Delta\delta_q$ dan $\Delta|V_q|$ pada nilai sebelumnya.
5. Hitung nilai baru dari δ_q dan $|V_q|$ dengan menambahkan $\Delta\delta_p$ dan $\Delta|V_q|$ pada nilai sebelumnya.
6. Kembali ke langkah pertama dan ulangi proses itu dengan menggunakan nilai untuk besar dan sudut tegangan yang ditentukan paling akhir sehingga semua nilai ΔP dan ΔQ atau semua nilai $\Delta\delta$ dan $\Delta|V|$ lebih kecil dari suatu indeks ketetapan yang telah dipilih.

3.1.2. Flowchart Aliran Daya Newton Raphson



Gambar 3.1.
Flowchart algoritma aliran daya Newton Raphson

3.2. Algoritma Genetika^[5]

Algoritma Genetika merupakan metode *adaptive* yang bisa digunakan untuk memecahkan suatu pencarian nilai dalam sebuah masalah optimasi. Algoritma ini didasarkan pada proses genetik yang ada dalam makhluk hidup yaitu perkembangan generasi dalam sebuah populasi yang alami, secara lambat laun mengikuti prinsip seleksi alam “siapa yang kuat, dia yang bertahan (*survive*)”. Dengan meniru proses ini, algoritma genetika dapat digunakan untuk mencari solusi permasalahan-permasalahan dalam dunia nyata.

Algoritma Genetika ditemukan oleh John Holland pada awal tahun 1970 yang dilandasi oleh sifat-sifat evolusi alam. Holland percaya bahwa ini sangat cocok digabungkan dalam sebuah algoritma komputer, menghasilkan sebuah teknik penyelesaian untuk permasalahan-permasalahan yang sulit dengan langkah alami yaitu melalui evolusi. John Holland mulai bekerja dengan algoritma yang dibentuk dari string-string biner 1 dan 0 yang disebut *kromosom*. Seperti halnya alam, algoritma ini menyelesaikan permasalahan-permasalahan dengan menemukan kromosom-kromosom yang baik dengan memanipulasi materi dan sifat (*gene*) kromosom-kromosom. Algoritma ini tidak mengetahui type permasalahan yang akan diselesaikan. Hanya informasi yang telah diberikan dari *evaluasi* berupa nilai fitness setiap kromosom dengan nilai fitness terbaik yang bertahan hidup dan selalu diproduksi.

Sebelum Algoritma Genetika dijalankan, maka sebuah kode yang sesuai (representasi) untuk persoalan harus dirancang. Titik solusi dalam ruang permasalahan dikodekan dalam bentuk kromosom/string yang terdiri dari

komponen genetik terkecil yaitu gen. Pemakaian bilangan seperti integer, floating point dan abjad sebagai *allele* (nilai gen) memungkinkan penerapan operator genetika yaitu proses produksi (*reproduction*), pindah silang (*crossover*), mutasi (*mutation*) untuk menciptakan himpunan titik-titik solusi. Untuk memeriksa hasil optimasi, kita membutuhkan fungsi *fitness* yang menandakan gambaran hasil (*solution*) yang sudah dikodekan. Selama proses, induk harus digunakan untuk reproduksi, pindah silang dan mutasi untuk menciptakan keturunan (*offspring*). Jika Algoritma Genetika didesain dengan baik, populasi akan mengalami konvergensi dan akan mendapatkan sebuah solusi yang optimum.

Algoritma Genetika memiliki empat dasar kerja yaitu :

1. Bekerja dengan mengkodekan parameter-parameter permasalahan dan tidak bekerja secara langsung dengan parameter-parameter tersebut.
2. Mencari solusi masalah dari sejumlah populasi kandidat solusi, tidak hanya memproses satu solusi saja.
3. Hanya memperhitungkan fungsi fitness setiap kandidat solusi untuk mendapatkan hasil optimum global.
4. Menggunakan aturan transisi secara probabilistik bukan deterministik.

3.2.1. Istilah-Istilah Algoritma Genetika

Algoritma Genetika menggunakan mekanisme genetika yang ada pada proses alami dan sistem buatan. Istilah-istilah yang digunakan adalah gabungan dari dua disiplin ilmu, yaitu ilmu Biologi dan ilmu computer. Mitsuo Gen dan

Runwei Cheng (1997) menjelaskan istilah-istilah yang digunakan dalam Algoritma Genetika sebagai berikut :

Tabel 3.1
Istilah yang digunakan dalam Algoritma Genetika.

ISTILAH	KETERANGAN
<i>Kromosom</i>	Individu berupa segmen string yang sudah ditentukan
<i>Gen</i>	Bagian dari string
<i>Loci</i>	Posisi dari gen
<i>Allele</i>	Nilai yang dimasukkan dalam gen
<i>Phenotype</i>	String yang merupakan solusi terakhir
<i>Genotype</i>	Sejumlah string hasil perkawinan yang berpotensi sebagai solusi

Terdapat beberapa parameter yang digunakan dalam Algoritma Genetika. Parameter tersebut digunakan untuk melihat kompleksitas dari Algoritma Genetika. Parameter yang digunakan tersebut adalah :

1. Jumlah Generasi (*MAXGEN*)

Merupakan jumlah perulangan (iterasi) dilakukannya rekombinasi dan seleksi. Jumlah generasi ini mempengaruhi kestabilan output dan lama iterasi (waktu proses Algoritma Genetika). Jumlah generasi yang besar dapat mengarahkan kearah solusi yang optimal, namun akan membutuhkan waktu yang lama. Sedangkan jika jumlah generasinya terlalu sedikit maka solusi akan terjebak pada lokal optimum.

2. Ukuran Populasi (*POPSIZE*)

Ukuran populasi mempengaruhi kinerja dan efektifitas dari Algoritma Genetika. Jika ukuran populasi kecil maka populasi tidak menyediakan cukup materi untuk mencakup ruang permasalahan, sehingga pada umumnya kinerja Algoritma Genetika menjadi buruk. Dalam hal ini dibutuhkan ruang yang lebih besar untuk mempersentasikan keseluruhan ruang permasalahan. Selain itu penggunaan populasi yang besar dapat mencegah terjasinya konvergensi pada wilayah local. Zbigniew Michalewics (1996) berpendapat banyak aplikasi Algoritma Genetika mempergunakan populasi pada range 50-100.

3. Probabilitas Crossover (*Pc*)

Probabilitas crossover ini digunakan untuk mengendalikan frekuensi operator crossover. Dalam hal ini, dalam populasi terdapat $Pc \times POPSIZE$ struktur (individu) yang melakukan pindah silang. Semakin besar nilai probabilitas crossover maka semakin cepat struktur baru yang diperkenalkan dalam populasi. Namun jika probabilitas crossover terlalu besar maka struktur dengan nilai fungsi obyektif yang baik dapat hilang dengan lebih cepat dari seleksi. Sebaliknya jika probabilitas terlalu kecil akan menghalangi proses pencarian dalam proses Algoritma Genetika. Zbigniew Michalewics (1996) berpendapat banyak aplikasi Algoritma Genetika mempergunakan angka probabilitas crossover pada range 0.65 – 1.

4. Probabilitas Mutasi (P_m)

Mutasi digunakan untuk meningkatkan variasi populasi digunakan untuk menentukan tingkat mutasi yang terjadi, karena frekuensi terjadinya mutasi tersebut menjadi $P_m \times \text{POPSIZE} \times N$, dimana N adalah panjang struktur / gen dalam satu individu. Probabilitas mutasi yang rendah akan menyebabkan gen-gen yang berpotensi tidak dicoba. Dan sebaliknya, tingkat mutasi yang tinggi aka menyebabkan keturunan akan semakin mirip dengan induknya. Dalam Algoritma Genetika, mutasi menjalankan aturan penting yaitu :

- a. Mengganti gen-gen yang hilang sama proses seleksi.
- b. Menyediakan gen-gen yang tidak muncul pada saat inialisasi awal populasi.

Zbigniew Michalewics (1996) berpendapat banyak aplikasi Algoritma Genetika mempergunakan angka probabilitas mutasi pada daerah range 0.001 – 0.01.

5. Panjang Kromosom ($NVAR$)

Panjang kromosom berbeda-beda sesuai dengan model permasalahan. Titik solusi dalam ruang permasalahan dikodekan dalam bentuk kromosom/string yang terdiri dari komponen genetik terkecil yaitu gen. Pengkodean dapat memakai bilangan seperti string biner, integer, floating point dan abjad.

3.2.2. Proses Algoritma Genetika

Sangat perlu untuk mengetahui proses dalam Algoritma Genetika. Dibawah ini akan diuraikan mengenai hal itu, dimana uraian ini merupakan penjabaran dari Algoritma Genetika seperti penjelasan pada bagian berikutnya.

1. Pengkodean atau Representasi

Langkah pertama kali yang dilakukan dalam penggunaan Algoritma Genetika adalah melakukan pengkodean atau representasi terhadap permasalahan yang akan dilakukan.

Secara umum Algoritma Genetika dibentuk oleh serangkaian kromosom yang ditandai dengan x_i ($i = 1, 2 \dots N$). Setiap elemen dalam kromosom ini adalah variabel string yang disebut gen, berisi nilai-nilai atau allele. Variabel-variabel ini dapat dinyatakan dalam bentuk bilangan biner, bilangan real (*floating point*), integer, abjad. Pengkodean string biner merupakan pendekatan klasik yang digunakan dalam penelitian Algoritma Genetika karena sederhana. Meskipun representasi dengan cara ini menyulitkan untuk beberapa permasalahan optimasi, misalnya permasalahan graph coloring. Digunakan teknik pengkodean yang lain seperti representasi real number (*floating point*), representasi *order-based* (untuk *bin-patching*, *graph coloring*), *embedded lists* (untuk permasalahan penjadwalan (*scheduling*), *variable element list* (untuk semi konduktor layout), dan even *LISP S-expressions*.

Selanjutnya beberapa kromosom dibentuk dan berkumpul membentuk populasi. Populasi inilah populasi awal bagi Algoritma Genetika untuk awal melakukan pencarian.

2. Fungsi *Fitness* (Fungsi Evaluasi)

Dalam Algoritma Genetika, sebuah fungsi *fitness* $f(x)$ harus dirancang untuk masing-masing permasalahan yang akan diselesaikan. Dengan menggunakan kromosom tertentu, fungsi obyektif atau fungsi evaluasi akan mengevaluasi status masing-masing kromosom. Setiap gen x_i ($i = 1, 2, \dots, N$) dipergunakan untuk menghitung $f_k(x)$ ($k = 1, 2, \dots, \text{POPSIZE}$).

Pada permulaan optimasi, biasanya nilai *fitness* masing-masing individu masih mempunyai rentang yang lebar. Seiring dengan bertambah besar generasi, beberapa kromosom mendominasi populasi dan mengakibatkan rentang nilai *fitness* semakin kecil. Hal ini dapat mengakibatkan konvergensi dini (*premature convergence*).

Permasalahan klasik dalam Algoritma Genetika adalah beberapa kromosom dengan nilai *fitness* yang tinggi (tetap bukan nilai optimum) mendominasi populasi dan mengakibatkan Algoritma Genetika konvergen pada lokal optimum. Ketika mencapai konvergen, kemampuan Algoritma Genetika untuk mencari solusi yang lebih baik menghilang. Tukar silang antara kromosom induk yang hampir identik. Dalam hal ini hanya operasi mutasi yang mampu menghasilkan kromosom yang relatif baru dan merupakan cara untuk menghindari kromosom tertentu mendominasi populasi.

3. Seleksi

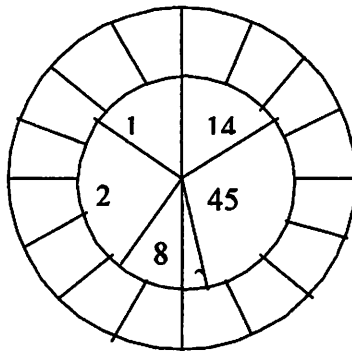
Pada Algoritma Genetika terdapat proses seleksi yaitu proses pemilihan kromosom yang akan di-crossover-kan dengan kromosom dari individu lain. Masalah yang paling mendasar pada proses ini adalah bagaimana proses penyeleksiannya. Menurut teori Darwin proses seleksi individu adalah : “*individu terbaik akan tetap hidup dan menghasilkan keturunan*”. Pada proses seleksi ini dapat menggunakan banyak metode seperti *roulette wheel selection*, *rank selection*, *elitesm* dan lain sebagainya.

- *Roulette Wheel Selection.*

Dimana setiap individual memiliki harga fitness sehingga didapatkan probabilitas individual $(f(t) / \sum f(t))$ tersebut dicopykan pada populasi yang baru. Untuk individual yang memiliki probabilitas 20% untuk jumlah populasi 10 maka kemungkinan individual tersebut dapat terpilih sebanyak dua kali. Ilustrasi kerja operator ini dapat digambarkan seperti pada gambar 3.2.

Adapun algoritma dari *roulette-wheel* adalah sebagai berikut :

1. Menjumlahkan fitness dari seluruh anggota populasi.
2. Membangkitkan nilai k , suatu nilai random antara 0 dan total fitnessnya.
3. Menjumlahkan fitness dari kromosom-kromosom dari populasi mulai 0 hingga total fitness lebih besar atau sama dengan nilai k lalu ambil kromosom tersebut.



Gambar 3.2
Roulette Wheel^[5]

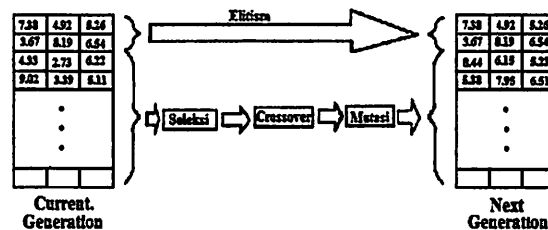
○ *Rank Selection.*

Apabila fitness yang dimiliki oleh suatu kromosom dalam populasi berbeda terlalu jauh dari kromosom lainnya maka hal ini dapat menjadi permasalahan. Misalnya bila kromosom terbaik mempunyai fitness yang menyebabkan besarnya tempat yang dimilikinya dalam *roulette wheel* sebesar 90% maka kromosom-kromosom yang lain akan mempunyai peluang yang terlalu kecil untuk diseleksi.

Rank selection pertama kali merangking populasi dan kemudian setiap kromosom diberi nilai fitness baru berdasarkan hasil ranking tersebut. Yang pertama akan mempunyai *fitness* 1, yang kedua akan mempunyai fitness 2 dan seterusnya sampai yang terakhir akan mempunyai *fitness* N. Dengan demikian semua kromosom akan mempunyai peluang untuk diseleksi..

3.2.3. Elitism

Selama membuat populasi baru dengan crossover dan mutasi, kemungkinan akan terjadi kehilangan kromosom terbaik (*best/few best*). Elitism adalah metode yang pertama kali meng-copy-kan kromosom terbaik (*best/few best*) kedalam populasi baru. Sisanya dikerjakan dengan cara biasa, yaitu melalui seleksi, *crossover* dan mutasi. Elitism dapat secara cepat meningkatkan performansi dari Algoritma Genetika karena *elitism* menghindarkan hilangnya hilangnya solusi terbaik (*best / few best*) yang telah ditemukan. Ilustrasi kerja operator ini dapat digambarkan seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3.3

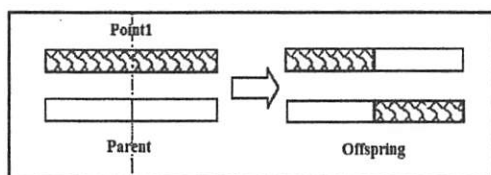
Pembentukan *Next Generation* dalam algoritma genetika^[5]

3.2.4 Crossover (Pindah Silang)

Fungsi dari *crossover* adalah menghasilkan kromosom anak dari kombinasi materi-msteri gen dua kromosom induk. Cara kerjanya dengan membangkitkan sebuah nilai random r_k dimana $k = 1, 2, \dots, \text{POPSIZE}$. Probabilitas *crossover* (P_c) ditentukan dan digunakan untuk mengendalikan frekuensi operator *crossover*. Apabila nilai $r_k < P_c$ maka kromosom ke- k terpilih untuk mengalami *crossover*. *Crossover* yang paling sederhana adalah *one point crossover*. Posisi

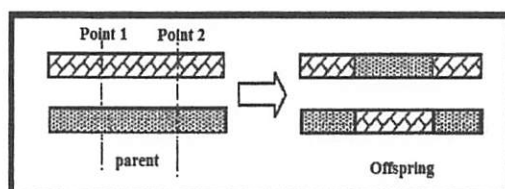
titik persilangan (point) ditentukan secara random pada range satu sampai panjang kromosom. Kemudian nilai *offspring* diambil dari dua parent tersebut dengan batas titik persilangan tersebut. Ilustrasi kerja operator ini digambarkan seperti pada gambar 3.4.

Kemudian ditingkatkan lagi dengan menggunakan *two point crossover*. Penentuan posisi titik persilangan sama seperti sama seperti *one point crossover* sebelumnya. Pemilihan secara random dilakukan 2 kali. Kemudian nilai *offspring* diambil dari dua parent tersebut dengan batas dua titik persilangan tersebut. Ilustrasi kerja operator ini digambarkan seperti pada gambar 3.5.



Gambar 3.4

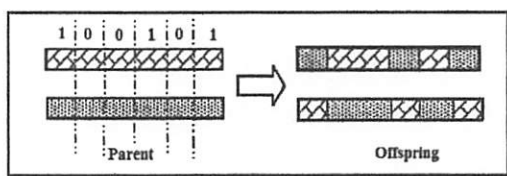
Ilustrasi operator dengan *One point crossover*^[5]



Gambar 3.5

Ilustrasi operator dengan *Two point crossover*^[5]

Untuk *crossover* uniform dibangkitkan suatu nilai random 0 dan 1 sepanjang jumlah kromosom untuk nilai loci. Jika nilai yang dibangkitkan mempunyai nilai 1 maka *allele* parent 2 dan offspring 2 untuk loci tersebut diambil dari *allele* parent 1 dan offspring 2 untuk loci tersebut diambil dari allele parent 2. Ilustrasi kerja operator ini digambarkan seperti pada gambar 3.6.



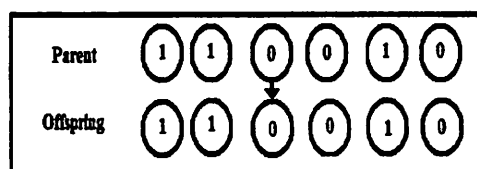
Gambar 3.6

Ilustrasi operator *Crossover* dengan *Uniform crossover*^[5]

3.2.5 Mutation (Mutasi)

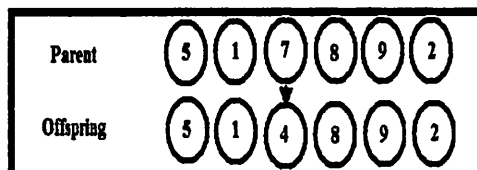
Operator mutasi digunakan untuk memodifikasi satu atau lebih nilai gen dalam satu individu. Cara kerjanya dengan membangkitkan sebuah nilai random r_k dimana $k = 1, 2, \dots, NVAR$ (panjang kromosom). Probabilitas mutasi (P_m) ditentukan dan digunakan untuk mengendalikan frekuensi operator mutasi. Apabila nilai random r_k , P_m maka gen ke-k kromosom tersebut terpilih untuk mengalami mutasi. Mutasi dengan mengganti gen 0 dengan 1 atau sebaliknya gen 1 dengan 0. Biasanya disebut flip yaitu membalik nilai ke 1 atau 1 ke 0. Ilustrasi kerja operator untuk representasi string biner digambarkan pada gambar 3.7. Untuk bentuk representasi integer atau floating point, atau selain string biner, seperti gambar 3.8, proses mutasi terjadi apabila nilai $r_k < P_m$ memenuhi maka

gen ke-k digantikan oleh suatu nilai random yang dibangkitkan pada range tertentu sesuai dengan pembentukan populasi awal.



Gambar 3.7

Ilustrasi operator mutasi untuk representasi string biner^[5]



Gambar 3.8

Ilustrasi operator mutasi untuk representasi integer^[5]

Untuk kromosom induk seperti gambar 3-8 diatas yaitu 5-1-7-8-9-2, proses mutasi adalah dibangkitkan sebuah nilai random r_k , [$k = 1 \dots NVAR$]. Misalkan pada saat $k = 3$ nilai $r_3 < P_m$ maka gen ke-3 yang bernilai 7 akan bermutasi dengan gen hasil random pada range $\{1 \dots x\}$ dan diperoleh nilai 4. Maka bentuk kromosom barunya adalah 5-1-4-8-9-2. Dimana x adalah nilai sembarang integer.

Fungsi dari operator mutasi adalah untuk menghindari agar solusi masalah yang diperoleh bukan merupakan solusi optimum lokal. Seperti halnya pada operator *crossover*, tipe dan implementasi dari operator mutasi bergantung pada jenis pengkodean dan permasalahan yang dihadapi. Seberapa sering mutasi

dilakukan dinyatakan dengan suatu probabilitas mutasi, P_m . Posisi elemen pada kromosom yang akan mutasi ditentukan secara random. Mutasi dikerjakan dengan cara melakukan perubahan pada elemen tersebut.

3.3. Objective Function^[1]

Tujuan dari masalah penempatan *distributed generation* (DG) adalah mengurangi rugi - rugi daya dan perbaikan profil tegangan. Fungsi tujuan terdiri dari dua hal. Pertama, pengurangan rugi-rugi, dimana kerugian setelah dipasang DG harus lebih kecil daripada kerugian sebelum dipasang DG, yang ditunjukkan sebagai berikut:

$$LOSS_{with\ DG} \leq LOSS_{without\ DG}$$

Yang kedua adalah perbaikan profil tegangan, dimana terdapat batasan tegangan sebagai berikut:

$$V_{bus\ min} \leq V_{bus} \leq V_{bus\ max}$$

Sehingga dari kedua tahap tersebut menghasilkan fungsi objektif sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
MaxF = & k_1 \left\{ Max \left[0, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Voltage\%_{i_{withDG}} - Voltage\%_{i_{withoutDG}}) \right] \right\} \\
& + k_2 \left\{ Max \left[0, \left(\sum_{j=1}^m P_{j_{withoutDG}} - P_{j_{withDG}} \right) \right] \right\} \dots\dots\dots(3.10) \\
& k_3 \left\{ Max \left[0, \left(\sum_{j=1}^m Q_{j_{withoutDG}} - Q_{j_{withDG}} \right) \right] \right\}
\end{aligned}$$

Pada fungsi objektif diatas, dihubungkan dengan perbedaan antara persentase rata-rata profil tegangan di dalam kasus dasar dan lain kasus menurut Penempatan DG. Dengan tambahan tentang perbedaan kerugian daya reaktif dan aktif dan fungsi kestabilan. Operator *Max* digunakan sebagai batasan dan nilai negatif terlarang oleh operator ini. Parameter- parameter tersebut sebagai berikut:

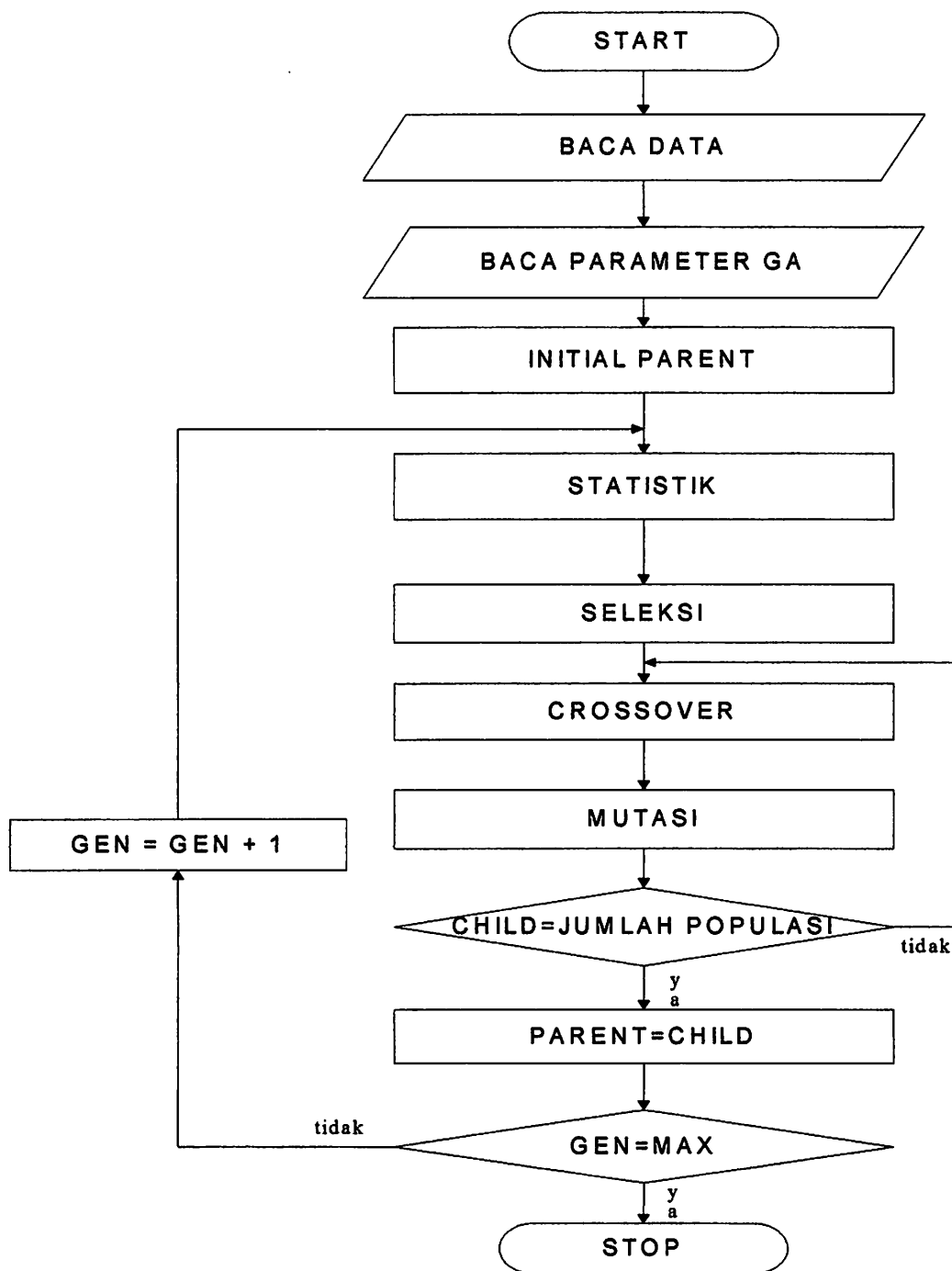
- $Voltage\%_{i_{withDG}}$: persentase tegangan pada bus i dengan DG.
- $Voltage\%_{i_{withoutDG}}$: persentase tegangan pada bus i tanpa DG.
- $P_{i_{withDG}}$: kerugian daya aktif pada *branch* i dengan DG.
- $P_{i_{withoutDG}}$: kerugian daya aktif pada *branch* i tanpa DG.
- $Q_{i_{withDG}}$: kerugian daya reaktif pada *branch* i dengan DG.
- $Q_{i_{withoutDG}}$: kerugian daya reaktif pada *branch* i tanpa DG.
- k_1, k_2, k_3 : emphasis atau penalty factors
- n : nomor bus
- m : nomor *branches*

3.3.1. Algoritma Program *Genetic Algorithm*

1. Masukkan dan baca data sistem dan jaringan berupa data beban P, Q. Data saluran R,X. P_{dasar} , V_{dasar} , Tegangan operasional minimum dan maksimum yang diperkenankan. Input parameter GA. Jumlah populasi (*Pop Size*), Maksimum Generasi (*Max Gen*), Nilai kemungkinan *Crossover* (*Pc*), Nilai kemungkinan Mutasi (*Pm*), dan panjang kromosom tiap individu.
2. Hitunglah rugi-rugi daya tiap beban, total kehilangan energi, tegangan pada masing-masing bus.
3. Hasilkan seperangkat solusi awal yang layak, dengan membentuk populasi awal secara acak.
4. Hitunglah nilai fitness dari masing-masing solusi.
5. Hitung nilai fitness rata-rata, juga hitunglah seleksi probabilitas dari masing-masing individu.
6. pindahkan semua individu dimana nilai fitness lebih kecil dibandingkan nilai fitness rata-rata yang telah dihitung sebagai generasi berikutnya tanpa adanya perubahan
7. Pilih satu induk. Kemudian pilihlah induk lainnya secara acak. Gunakan operator *crossover* dan mutasi untuk menghasilkan keturunan baru.
8. Apakah keturunan baru sudah layak. Jika tidak kembalilah ke langkah 6, jika keturunan sudah layak melangkahlah ke tahap selanjutnya.
9. Hitunglah nilai fitness dari keturunan.

10. Hasilkan sebuah individu didalam populasi baru untuk mengganti sebuah individu dimana nilai fitnessnya lebih besar dari rata-rata nilai fitness yang telah dihitung.
11. Ulangi ke langkah (6) hingga (10) untuk mencari semua individu yang tersisa.
12. Ulangi ke langkah (4) hingga (11) apabila kriteria penghentian tidak dipenuhi. Jika sudah terpenuhi, melangkahlah ke langkah (13).
13. STOP (Solusi terbaik pada populasi baru merupakan solusi yang optimal).

3.3.2. Flowchart *Genetic Algorithm*



Gambar 3.9
Flowchart algoritma solusi genetic algorithm

3.4. Pengumpulan Data

3.4.1. Area Pelayanan dan Jaringan Malang

PT.PLN (Persero) Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Malang yang berlokasi di jalan Basuki Rahmad Malang merupakan suatu lembaga yang memiliki peranan penting dalam pendistribusian tenaga listrik kepada konsumen. Salah satu tugas dari PT.PLN (Persero) Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Malang yaitu melakukan pengawasan terhadap beberapa Gardu Induk yang berada di dalam daerah operasionalnya. Untuk membantu dalam menjalankan tugas, suatu Area Pelayanan (AP)/ APJ di bagi menjadi beberapa unit pada tiap daerah yang dinamakan Unit Pelayanan dan Jaringan (UPJ).

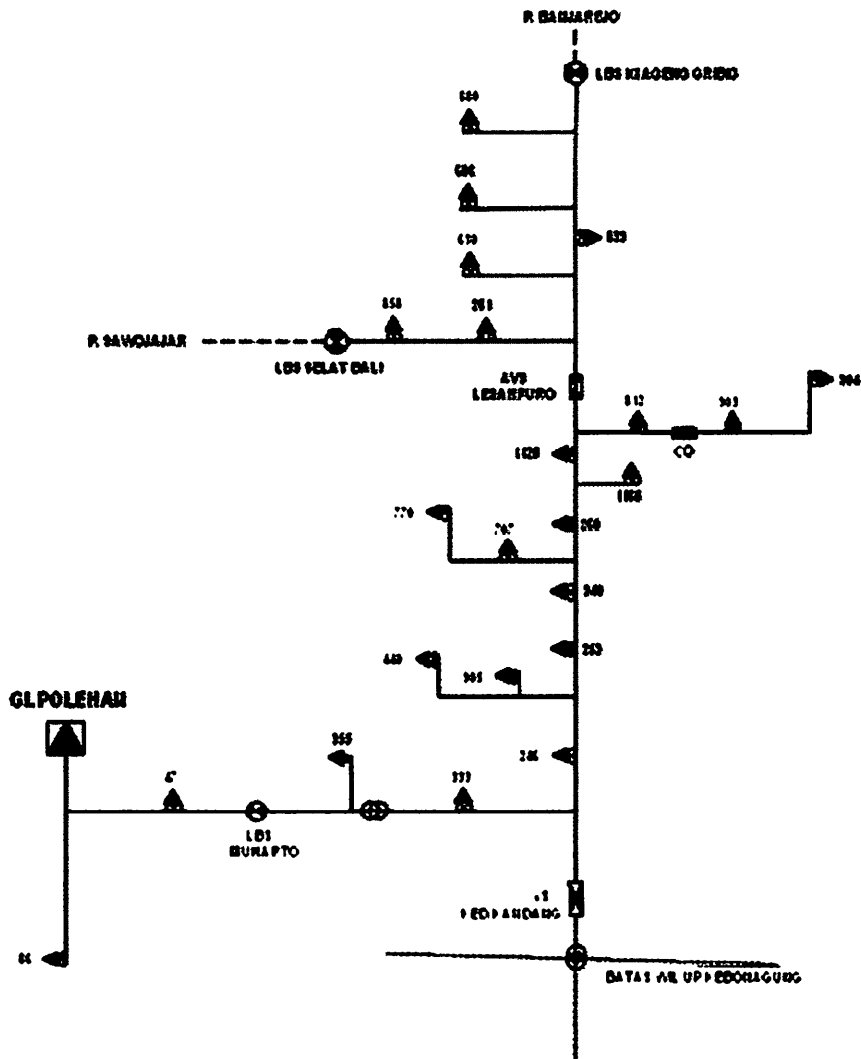
3.4.2. Penyulang Kedung Kandang

Penyulang Kedung Kandang dipilih sebagai objek studi kasus. Penyulang Kedung Kandang merupakan penyulang tipe radial yang memperoleh pasokan energi dari Gardu Induk Polehan. Gardu induk Polehan memiliki dua buah trafo tenaga untuk menurunkan tegangan tinggi dari 70 kV menjadi tegangan menengah 20 kV. Penyulang Kedung Kandang sendiri di suplay dari trafo II yaitu trafo TAKOKA. Trafo tersebut mempunyai data spesifikasi sebagai berikut:

Kapasitas	:	20 MVA
Tegangan	:	70/20 kV
X reaktansi	:	10,1 %
In P Trafo	:	165 A
In S Trafo	:	577 A

Ratio CT p : 400/5 A
 Ratio CT s : 200/5 A
 Tahanan Pembumian : 500 Ω
 MVA_{hs} : 1455 MVA

3.4.2.1. Single line diagram Unit Pelayanan Kedung Kandang



Gambar 3.10
Single line diagram Unit Pelayanan Kedung Kandang

3.4.2.2. Data Pengukuran Trafo

Data rekapitulasi di bawah ini adalah data rekapitulasi pengukuran gardu trafo pada penyulang Kedung Kandang.

Tabel 3.2
Data Rekapitulasi Pengukuran Gardu Trafo Penyulang Kedung Kandang

NO GTT	DAYA (KVA)	LOAD (KVA)	PERSENTASI PEMBEBANAN (%)
T47	250	167.67	67.07
T86	200	170.85	85.42
T246	250	168.86	67.54
T259	150	119.03	79.35
T260	160	68.03	42.52
T261	200	130.28	65.14
T333	150	92.21	61.47
T355	160	90.10	56.31
T440	160	35.19	21.99
T630	200	156.13	78.06
T686	160	70.14	43.84
T707	200	153.64	76.82
T770	200	154.13	77.07
T812	100	75.92	75.92
T839	160	110.63	69.14
T858	200	164.25	82.13
T880	100	72.25	72.25
T903	200	33.90	16.95
T904	160	52.04	32.53
T905	100	30.82	30.82
T940	100	17.56	17.56
T1128	100	59.93	59.93
T1168	100	74.58	74.58

Data Pengukuran Trafo diperoleh dengan mengambil data dari masing-masing trafo distribusi dan bus dimana besarnya beban pada masing-masing fasa

diasumsikan seimbang. Jika besarnya pembebanan adalah nol, maka pada bus tidak terdapat trafo distribusi tetapi hanya merupakan simpul.

3.4.2.3. Data Impedansi Konduktor

Jenis-jenis konduktor yang umum digunakan oleh PT.PLN (Persero) dalam jaringan distribusi tegangan menengah adalah konduktor AAAC, AAAC-OC, dan kabel CVT serta kabel XLPE. Nilai impedansi dari setiap konduktor yang digunakan dapat dilihat pada tabel 3.3 berikut ini:

Tabel 3.3
Data Impedansi Konduktor

IMPEDANSI	AAAC DAN AAC-OC					XPLE		
	55mm ²	70mm ²	110mm ²	150mm ²	240mm ²	110mm ²	150mm ²	240mm ²
R (Ω/Km)	0.732	0.468	0.325	0.231	0.14	0.324	0.265	0.16
jX (Ω/Km)	0.317	0.302	0.291	0.277	0.26	0.173	0.17	0.161

3.4.2.4. Data Saluran

Dalam penyaluran tenaga listrik dari G.I Polehan sampai kepada pelanggan pada penyulang Kedung Kandang menggunakan kabel saluran udara, jenis konduktor yang digunakan adalah AAAC (*all-aluminium-alloyconductors*) dengan penampang nominal 150 mm², sedangkan impedansi saluran sebesar 0,2162 + j0,3305 Ω/Km. Adapun data saluran penyulang Kedung Kandang seperti Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4
Data Saluran Penyulang Kedung Kandang

DARI	KE	PENAMPANG (mm ²)	PANJANG (Km)	Z ₁ =Z ₂ (Ω)	Z ₀ (Ω)
Gardu Induk	T 47	3 x 150	2.235	0.2162 + j0.3305	0.3441 + j1.6180
Gardu Induk	T 86	3 x 150	1.555	0.2162 + j0.3305	0.3441 + j1.6180
Gardu Induk	T 246	3 x 150	4.071	0.2162 + j0.3305	0.3441 + j1.6180
Gardu Induk	T 259	3 x 150	4.219	0.2162 + j0.3305	0.3441 + j1.6180
Gardu Induk	T 260	3 x 150	5.847	0.2162 + j0.3305	0.3441 + j1.6180
Gardu Induk	T 261	3 x 150	6.883	0.2162 + j0.3305	0.3441 + j1.6180
Gardu Induk	T 333	3 x 150	8.067	0.2162 + j0.3305	0.3441 + j1.6180
Gardu Induk	T 355	3 x 150	6.957	0.2162 + j0.3305	0.3441 + j1.6180
Gardu Induk	T 440	3 x 150	7.549	0.2162 + j0.3305	0.3441 + j1.6180
Gardu Induk	T 630	3 x 150	8.511	0.2162 + j0.3305	0.3441 + j1.6180
Gardu Induk	T 686	3 x 150	9.547	0.2162 + j0.3305	0.3441 + j1.6180
Gardu Induk	T 707	3 x 150	8.215	0.2162 + j0.3305	0.3441 + j1.6180
Gardu Induk	T 770	3 x 150	9.177	0.2162 + j0.3305	0.3441 + j1.6180
Gardu Induk	T 812	3 x 150	8.955	0.2162 + j0.3305	0.3441 + j1.6180
Gardu Induk	T 839	3 x 150	9.764	0.2162 + j0.3305	0.3441 + j1.6180
Gardu Induk	T 858	3 x 150	10.657	0.2162 + j0.3305	0.3441 + j1.6180
Gardu Induk	T 880	3 x 150	11.915	0.2162 + j0.3305	0.3441 + j1.6180
Gardu Induk	T 903	3 x 150	10.953	0.2162 + j0.3305	0.3441 + j1.6180
Gardu Induk	T 904	3 x 150	11.841	0.2162 + j0.3305	0.3441 + j1.6180
Gardu Induk	T 905	3 x 150	11.767	0.2162 + j0.3305	0.3441 + j1.6180
Gardu Induk	T 940	3 x 150	11.175	0.2162 + j0.3305	0.3441 + j1.6180
Gardu Induk	T 1128	3 x 150	12.433	0.2162 + j0.3305	0.3441 + j1.6180
Gardu Induk	T 1168	3 x 150	13.247	0.2162 + j0.3305	0.3441 1.6180

3.4.3. Data DG dan Harga

Pemilihan sumber teknologi pembangkitan dari pemasangan *Distributed Generator* (DG) pada G.I Polehan penyulang Kedung Kandang digunakan energi yang tak terbarukan. Hal ini dikarenakan tidak di dukungnya topografi dan geografi wilayah Kedung Kandang digunakan sumber teknologi DG yang terbarukan seperti cahaya matahari, angin, ataupun air. Sehingga sumber

teknologi pembangkitan yang digunakan untuk DG adalah berupa Mesin Diesel. Mesin tersebut digunakan sebagai penggerak pada Generator sinkron yang mempunyai fungsi sebagai *Mvar Control* pada sistem.

Adapun spesifikasi dari Mesin Diesel dan Generator adalah sebagai berikut:

Merk Mesin	: Caterpillar
Model Mesin	: 3406DIT
No Seri Mesin	: 90U09842
Kapasitas	: 285 kW
RPM	: 1800
HP	: 305
Model	: Heat Exchanged, 24V Electric Starter, Dry Type Air Cleaner, Hydromechanical Governor
Merk Generator	: Caterpillar
Model Generator	: 500FDF4656AA
No Seri Generator	: DH-95946-3
Kapasitas	: 285 kW / 356,25 kVA
Tegangan	: 277/ 480 V
Arus	: 429 A
Frekuensi	: 60 Hz
RPM	: 1800
Cos α	: 0,8
Dimensi Mesin dan Generator (P x L x T)	: 132" x 38" x 61"

Harga : \$ 24,500. 00



Gambar 3.11.
Diesel Generator Set^[13]

Analisa penentuan nilai biaya di dasarkan pada beberapa parameter diantaranya adalah:

- Penentuan kapasitas DG ditentukan berdasarkan kapasitas generator yang ada di pasaran sebesar 285 kW.
- Harga pemasangan DG Rp. 8.000.000,- per kW.
- Mesin Diesel mengkonsumsi bahan bakar minyak berupa solar.
- Harga solar Rp.4.500,-per liter.
- Konsumsi 1 liter bahan bakar untuk 35kW,-perjam.
- Harga Mesin Diesel dan Generator Rp. 245.000.000,- set
- Harga listrik Rp. 1.030,-per kWh

BAB IV

ANALISA DAN HASIL

4.1. Sistem Distribusi Tenaga listrik G.I Polehan

Dalam perhitungan aliran daya data yang diambil adalah dari G.I Polehan yang melayani 8 (delapan) buah penyulang. Pada skripsi ini hanya menganalisa satu penyulang saja, yaitu pada penyulang Kedung Kandang. Sistem Distribusi Radial G.I Polehan yang memakai tegangan distribusi 20 kV. Untuk menyelesaikan perhitungan Aliran Daya terlebih dahulu ditetapkan *single line diagram* sesuai dengan gambar (4.1) yang akan dianalisis.

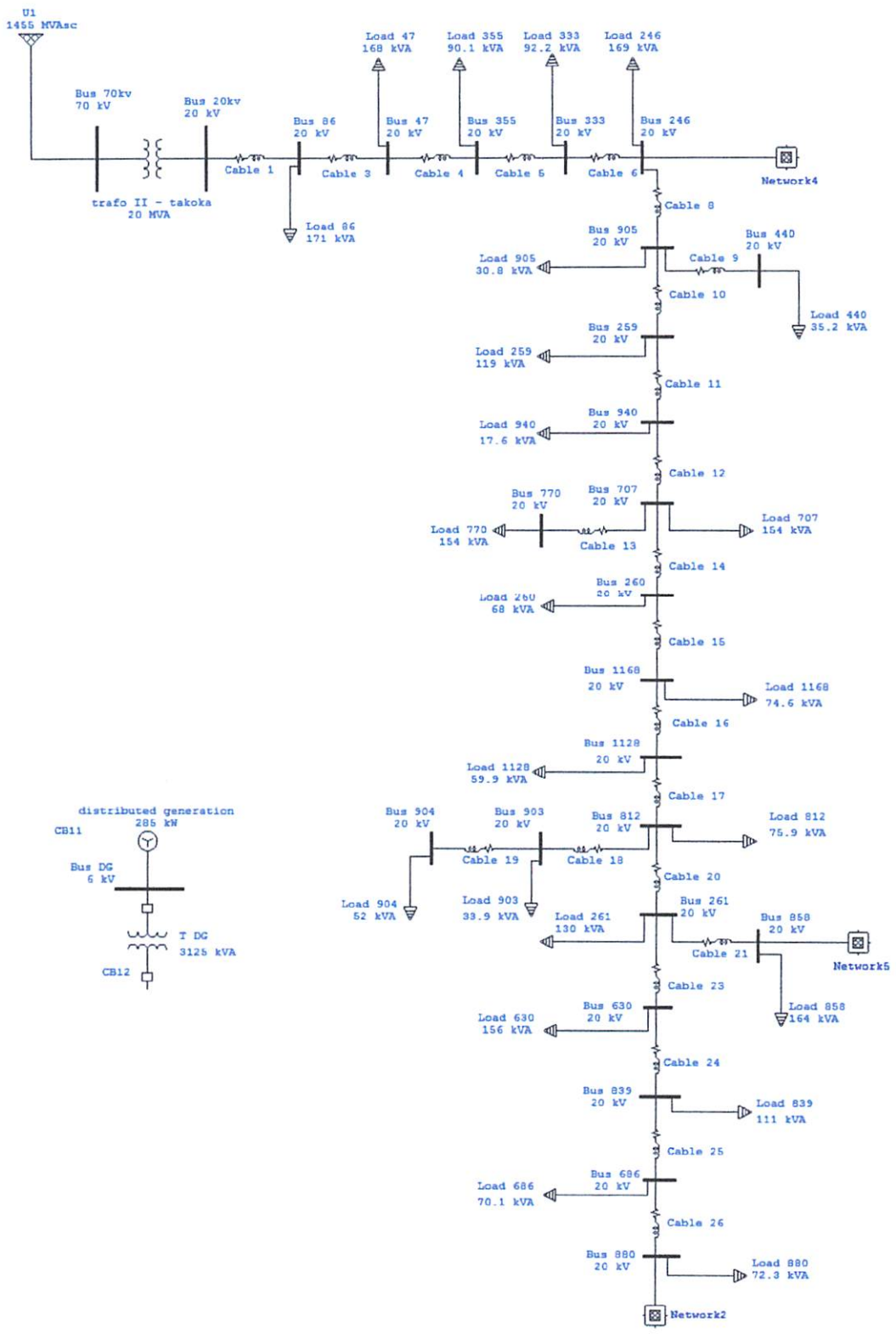
Selanjutnya bus-bus yang diklasifikasikan, yaitu busbar G.I Polehan diasumsikan sebagai *swing bus*, sedangkan bus-bus yang lain sepanjang saluran Radial sebagai *load bus*.

Dalam hal ini nantinya akan di tambahkannya bus generator untuk pembangkitan dengan di pasangkannya DG.

4.2. Solusi Perhitungan Load Flow dengan ETAP Power Station

Langkah-langkah untuk simulasi *Load Flow* dengan menggunakan *Software ETAP Power Station* adalah sebagai berikut:

1. Menggambar *Single Line Diagram*.
2. Memasukkan data sumber dari sistem.
3. Memasukkan data Transformator Daya.
4. Memasukkan data Saluran.



Gambar 4.1
 Single line diagram penyulang Kedung Kandang G.I Polehan
 yang di gambarkan pada Program ETAP Powerstation 4.0.0

4.3. Analisa Perhitungan

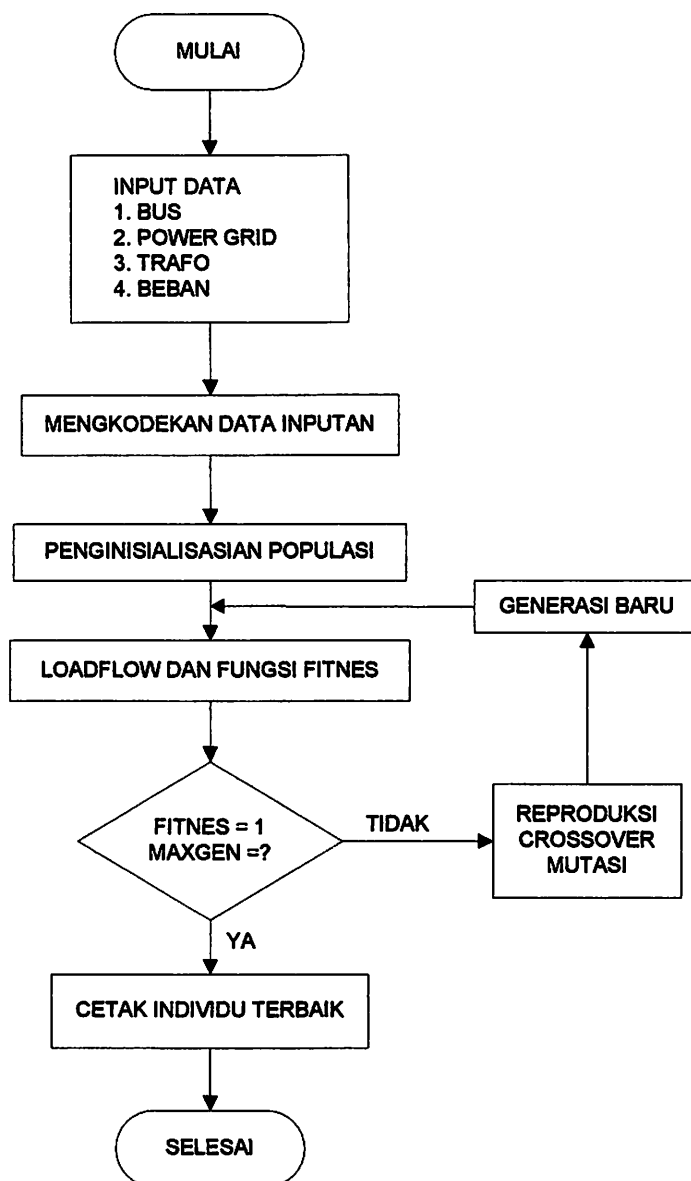
Perhitungan penempatan DG diawali dengan melakukan studi aliran daya dengan menggunakan metode *Newton Raphson*. Studi aliran daya ini dioperasikan dengan menggunakan software *ETAP Powerstation*, Studi aliran daya dilakukan untuk mengetahui harga tegangan dan sudut fasa tiap-tiap bus, arus yang mengalir pada saluran, dan aliran daya tiap saluran. Setelah studi aliran daya dilakukan, barulah dilakukan perhitungan rugi-rugi daya pada saluran.

Untuk menentukan lokasi penempatan terlebih dahulu menentukan rugi daya saluran terbesar yang digunakan sebagai input untuk menjalankan metode *GA* agar DG dapat diletakan pada lokasi yang memberikan profil tegangan yang paling optimum.

Perhitungan diawali dengan menampilkan *single line diagram* dari sistem. Dari gambar 4.1 diperlihatkan *single line diagram* dari G.I Polehan penyulang Kedung Kandang. Pada gambar tersebut di perlihatkan jumlah bus dan jumlah saluran masing-masing adalah:

- Swing bus = 1
- Load bus = 24
- Jumlah saluran = 25

Flow Chart Penyelesaian Masalah

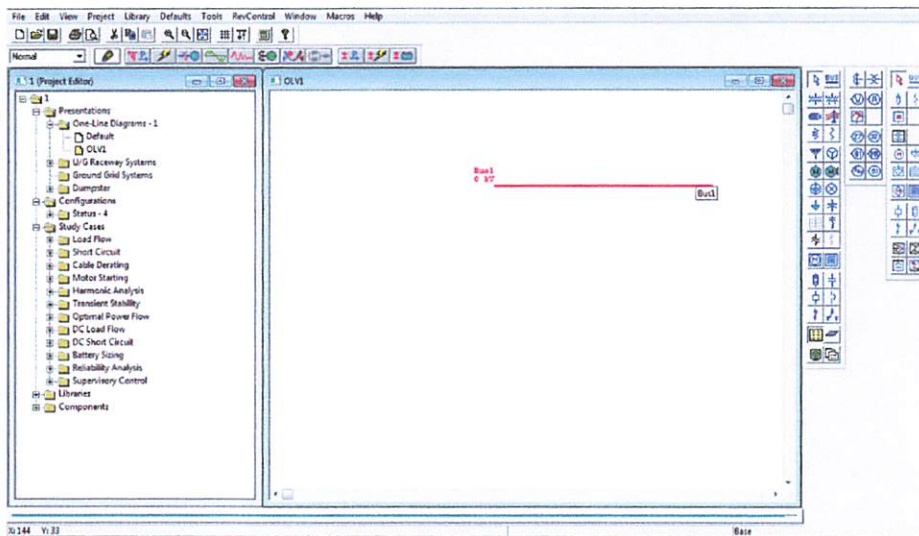


Gambar 4.2
Flowchart pemecahan masalah

4.4. Prosedur Pelaksanaan Program.

Pada prosedur menjalankan program ini menggunakan dua software yaitu ETAP *Powerstation* dan *Matlab*. Dimana software ETAP *Powerstation* di gunakan untuk menggambar *single line diagram* dan menghitung *load flow* sedangkan *Matlab* digunakan untuk mencari optimasi penempatan. Berikut adalah prosedur pelaksanaan program:

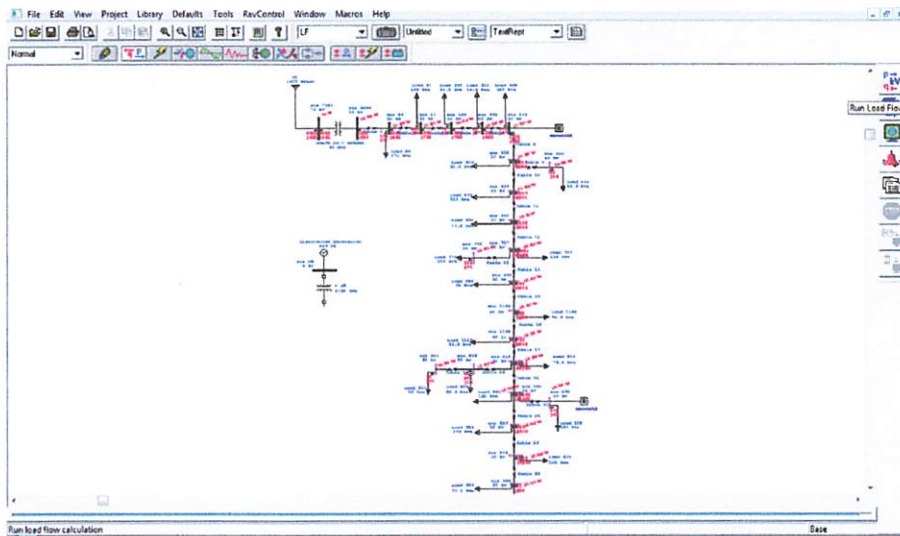
1. Tampilan Utama Program ETAP *Powerstation*



Gambar 4.3
Tampilan utama program ETAP *Powerstation*

Untuk memulai analisa haruslah dibuat sebuah project baru dengan cara memilih menu *File*, lalu *New Project*. Kemudian di buat *One Line Diagram* dengan *edit toolbar*, sesuai dengan data *One Line Diagram Study Case* yang akan di analisa yaitu pada G.I Polehan penyulang Kedung Kandang.

2. Running Load Flow



Gambar 4.4
Tampilan Run Load Flow

Setelah *one line diagram* beserta *properties* masing-masing komponen selesai dibuat, maka analisis dapat dilakukan yaitu dengan memilih *Load Flow Analysis* pada *mode toolbar*. Hasil perhitungan program akan langsung di tampilkan pada *one line diagram* seperti pada gambar 4.4.

3. Laporan hasil analisa

Project: ETAP PowerStation Page: 2
 Location: 4200 Draw: 01-00-0110
 Designer: RIZKI ACCOPY/1212 Revision: 001
 Checker: Mubandri_121212 Confg: None

ETAP Report Data

Bus ID	Type	kV	Capacity	Generator		Motor Load		Other Load		Total Load	
				MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar
Bus 210*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		
Bus 211*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		
Bus 212*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		
Bus 213*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		
Bus 214*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		
Bus 215*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		
Bus 216*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		
Bus 217*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		
Bus 218*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		
Bus 219*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		
Bus 220*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		
Bus 221*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		
Bus 222*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		
Bus 223*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		
Bus 224*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		
Bus 225*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		
Bus 226*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		
Bus 227*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		
Bus 228*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		
Bus 229*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		
Bus 230*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		
Bus 231*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		
Bus 232*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		
Bus 233*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		
Bus 234*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		
Bus 235*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		
Bus 236*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		
Bus 237*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		
Bus 238*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		
Bus 239*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		
Bus 240*	Load	20.00	100.0	0.0				0.00	0.00		

Gambar 4.5
Tampilan Report Manager

Untuk melihat perhitungan program analisa secara detail dan mencetaknya bisa dilakukan dengan memilih *Report Manager* pada *mode toolbar*. Berikut adalah laporan hasil analisa *Load Flow* sebelum dipasangkannya DG pada sistem.

Data hasil simulasi pada *Bus Loading Summary Report*, di dapatkan data mengenai kapasitas daya yang keluar dari G.I Polehan trafo II. Pada gambar single line G.I Polehan trafo II dihubungkan pada bus 20 kV.

Tabel 4.1
Bus Loading Summary Report untuk Bus 20 kV

Bus			Bus Total Load					
ID	kV	Rated Amp	MW	Mvar	MVA	% PF	Amp	% Loading
Bus 20kv	20.000		2.001	0.936	2.209	90.6	64.10	

Hasil simulasi diatas menunjukkan bahwa kapasitas daya yang keluar dari G.I Polehan trafo II untuk mensuplai penyulang Kedung Kandang adalah sebesar 2,001 MW.

Selanjutnya akan diambil data-data mengenai *Branch Losses Summary Report*. Pada *report* tersebut akan di dapat data mengenai besarnya rugi-rugi daya pada tiap saluran sebagai berikut:

Tabel 4.2
Data Rugi-Rugi Daya Sebelum Penambahan DG

NAMA SALURAN	LINE LOSSES
cable 1	4,1
cable 3	1,5
cable 4	9,1
cable 5	1,9
cable 6	0,2
cable 8	4,6
cable 9	0
cable 10	0,1
cable 11	0,1
cable 12	0,1
cable 13	0
cable 14	0
cable 15	0
cable 16	0,3
cable 17	0,3
cable 18	0
cable 19	0
cable 20	0,2
cable 21	0
cable 23	0
cable 24	0
cable 25	0
cable 26	0
TRAFO II	1,3
TOTAL	23,8

Dari hasil simulasi, dapat dilihat bahwa rugi-rugi saluran pada keadaan sebelum penambahan DG adalah sebesar 23,8 kW.

Untuk rugi saluran (*line*) pada tabel yang bernilai 0 kW, tidak berarti bahwa pada saluran tersebut tidak terjadi rugi-rugi. Rugi-rugi saluran (*Line Losses*) akan tetap terjadi pada saluran ketika saluran dialiri arus. Saluran (*line*) yang bernilai 0 kW tetap memiliki nilai rugi-rugi tetapi kapasitas rugi-rugi pada line tersebut hanya dapat dilihat pada ukuran Watt. Simulasi di *ETAP Powerstation 4.0.0* memberikan hasil rugi-rugi dalam ukuran KiloWatt (kW) sehingga terdapat saluran-saluran yang nilai rugi-ruginya dianggap 0 kW padahal pada kenyataannya saluran-saluran tersebut mengalami rugi-rugi tetapi nilai rugi-rugi saluran dalam ukuran Watt. Hal ini akan berlaku juga untuk nilai-nilai rugi saluran 0 kW untuk keadaan selanjutnya.

Data hasil simulasi pada *Branch Connections*, di dapatkan data mengenai karakteristik saluran sebelum pemasangan DG, dimana besarnya Impedansi pada tiap saluran dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3
Data Karakteristik Saluran Sebelum Pemasangan DG

NO SALURAN	NAMA SALURAN	SALURAN		R (Ω)	X (Ω)
		DARI	KE		
1	cable 1	BUS 20KV	BUS 86	1,81608	4,24692
2	cable 3	BUS 86	BUS 47	0,79561	1,85741
3	cable 4	BUS 47	BUS 355	5,51742	12,8961
4	cable 5	BUS 355	BUS 333	1,29720	3,03068
5	cable 6	BUS 333	BUS 246	0,11242	0,26109
6	cable 8	BUS 246	BUS 905	4,21157	9,84229
7	cable 9	BUS 905	BUS 440	0,09729	0,22804

NO SALURAN	NAMA SALURAN	SALURAN		R (Ω)	X (Ω)
		DARI	KE		
8	cabl 10	BUS 905	BUS 259	0,06486	0,15203
9	cabl 11	BUS 259	BUS 940	0,10810	0,25118
10	cabl 12	BUS 940	BUS 707	0,07350	0,16855
11	cabl 13	BUS 707	BUS 770	0,08864	0,20821
12	cabl 14	BUS 707	BUS 260	0,08648	0,20160
13	cabl 15	BUS 260	BUS 1168	0,07350	0,16855
14	cabl 16	BUS 1168	BUS 1128	0,87128	2,03588
15	cabl 17	BUS 1128	BUS 812	0,87344	2,03918
16	cabl 18	BUS 812	BUS 903	0,42375	0,98819
17	cabl 19	BUS 903	BUS 904	0,97290	2,27053
18	cabl 20	BUS 812	BUS 261	0,99235	2,32011
19	cabl 21	BUS 261	BUS 858	0,45402	1,06090
20	cabl 23	BUS 261	BUS 630	0,65724	1,53352
21	cabl 24	BUS 630	BUS 839	0,92749	2,16808
22	cabl 25	BUS 839	BUS 686	0,30051	0,70396
23	cabl 26	BUS 686	BUS 880	0,31997	0,74693
24	TRAFO II	BUS 70KV	BUS 20KV	0,58590	16,6671

Selanjutnya data hasil simulasi pada *Bus Loading Summary Report*, di dapatkan data mengenai karakteristik bus sebelum pemasangan DG, dimana besarnya daya aktif, daya reaktif dan persentase jatuh tegangan yang terjadi dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.4
Data Karakteristik Bus Sebelum Penambahan DG

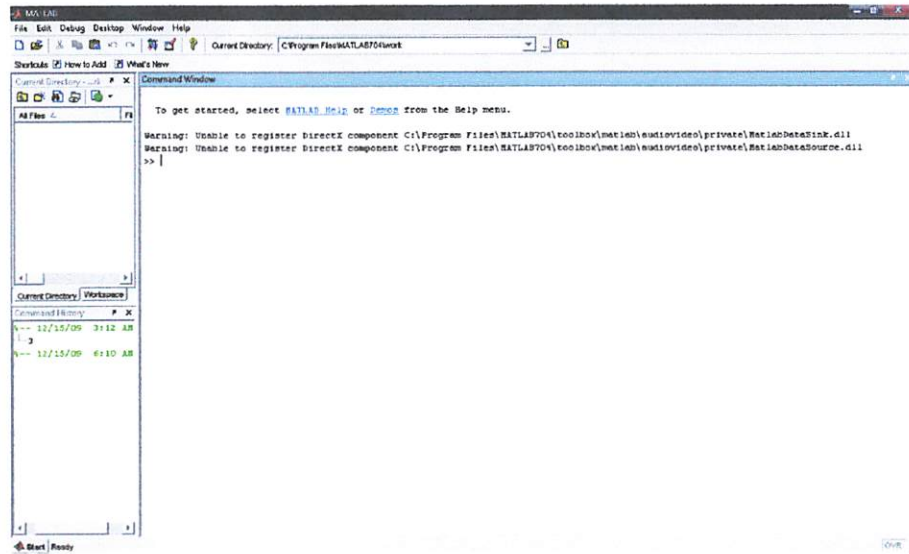
NO BUS	NAMA BUS	V	P (kW)	Q (kVAR)	Vdroop (%)
1	BUS 70KV	70	2002	936	-
2	BUS 20KV	20	2001	857	(0,534)
3	BUS 47	20	1842	961	(0,941)
4	BUS 86	20	1997	930	(0,821)
5	BUS 246	20	1521	699	(1,867)
6	BUS 259	20	1311	598	(2,367)
7	BUS 260	20	925	422	(2,361)
8	BUS 261	20	608	277	(2,524)

NO BUS	NAMA BUS	V	P (kW)	Q (kVAR)	Vdroop (%)
9	BUS 333	20	1602	736	(1,853)
10	BUS 355	20	1683	755	(1,686)
11	BUS 440	20	31	14	(2,331)
12	BUS 630	20	354	161	(2,542)
13	BUS 686	20	123	56	(2,562)
14	BUS 707	20	1192	544	(2,355)
15	BUS 770	20	134	61	(2,356)
16	BUS 812	20	748	341	(2,475)
17	BUS 839	20	219	100	(2,559)
18	BUS 858	20	142	65	(2,529)
19	BUS 880	20	62	28	(2,563)
20	BUS 903	20	74	34	(2,477)
21	BUS 904	20	45	21	(2,481)
22	BUS 905	20	1368	625	(2,330)
23	BUS 940	20	1207	551	(2,348)
24	BUS 1128	20	801	365	(2,422)
25	BUS 1168	20	866	395	(2,366)

Kemudian langkah selanjutnya adalah mengkodekan data inputan yang merupakan *report load flow* dari data karakteristik saluran dan bus. Langkah tersebut adalah langkah pertama kali yang dilakukan dalam penggunaan algoritma genetika.

Prosedur pelaksanaan selanjutnya adalah menjalankan program dengan menggunakan bahasa pemrograman MATLAB 7.0.4.

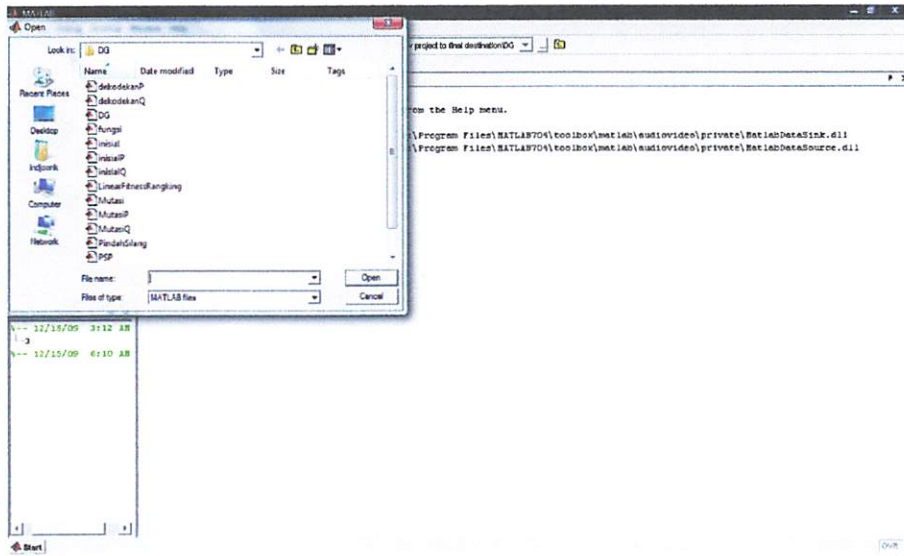
4. Tampilan Utama Program MATLAB 7.0.4



Gambar 4.6
Tampilan utama program Matlab 7.0.4

Pada gambar 4.6 adalah tampilan utama program Matlab 7.0.4 sebelum menjalankan program yang mana terlebih dahulu dimasukkan data-data yang dibutuhkan. Yaitu data saluran, data pembebanan sistem, data DG dan data *Objective function* serta parameter-parameter dari metode *GA*.

5. Membuka data yang sudah tersimpan.



Gambar 4.7
Tampilan Inputan data

Pada gambar 4.7 merupakan tampilan dari inputan data yang tersimpan dan untuk membuka data yang tersimpan klik *Open file* yang ada di pojok kiri atas, kemudian akan muncul pilihan file seperti yang terlihat pada gambar tampilan tandai dan kemudian klik open untuk membuka inputan data yang dibutuhkan. Setelah itu lanjut ke langkah selanjutnya.

6. Tampilan inputan data saluran

Line ID	From Bus	To Bus	R (ohm)	X (ohm)	Status
4	4	0.026139	0.039958	0.0	1
4	3	0.004999	0.007611	0.0	1
3	10	0.241034	0.388463	0.0	1
10	9	0.213119	0.320195	0.0	1
9	5	0.000105	0.000152	0.0	1
5	22	0.140409	0.214670	0.0	1
22	11	0.000075	0.000117	0.0	1
22	6	0.000034	0.000052	0.0	1
6	23	0.000021	0.000100	0.0	1
23	14	0.000042	0.000084	0.0	1
14	15	0.000062	0.000095	0.0	1
14	7	0.000039	0.000090	0.0	1
7	25	0.000042	0.000064	0.0	1
25	24	0.008016	0.009190	0.0	1
24	16	0.008032	0.009221	0.0	1
16	10	0.004117	0.003166	0.0	1
20	21	0.007483	0.011439	0.0	1
16	8	0.007510	0.011939	0.0	1
8	18	0.001627	0.002468	0.0	1
8	12	0.003414	0.005219	0.0	1
12	17	0.006813	0.010418	0.0	1
17	13	0.000720	0.001100	0.0	1
13	19	0.000812	0.001241	0.0	1
1	2	0.000001	0.000001	0.0	1

Gambar 4.8
Tampilan Inputan data saluran

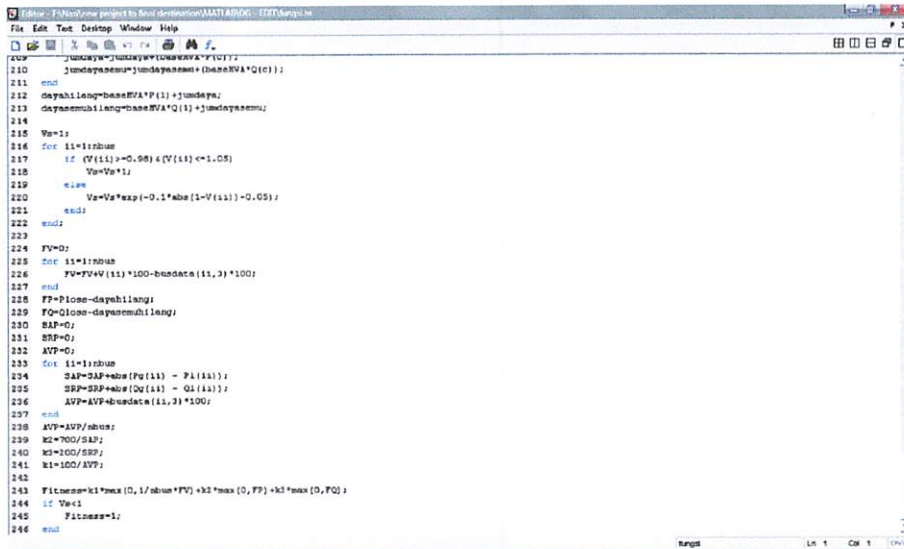
Pada gambar 4.8 merupakan tampilan dari inputan data saluran yang mana data saluran didapat dari loadflow pada *Etap Powerstation*, yang di pindahkan ke dalam bentuk data *Text Documents (*.txt)* untuk di proses pada Matlab. Adapun data inputan saluran sebagai berikut: tujuan saluran, hambatan jenis (R dalam ohm), reaktansi (X dalam ohm).

7. Tampilan inputan data pembebanan

Gambar 4.9
Tampilan Inputan data pembebanan

Pada gambar 4.9 merupakan tampilan dari inputan data pembebanan yang mana data pembebanan didapat dari loadflow pada *Etap Powerstation*, yang di pindahkan ke dalam bentuk data *Text Documents* (* .txt) untuk di proses pada Matlab. Adapun data inputan pembebanan sebagai berikut: nomor bus, daya aktif (P dalam kW), daya reaktif (Q dalam kVAR).

8. Tampilan inputan *objective function*

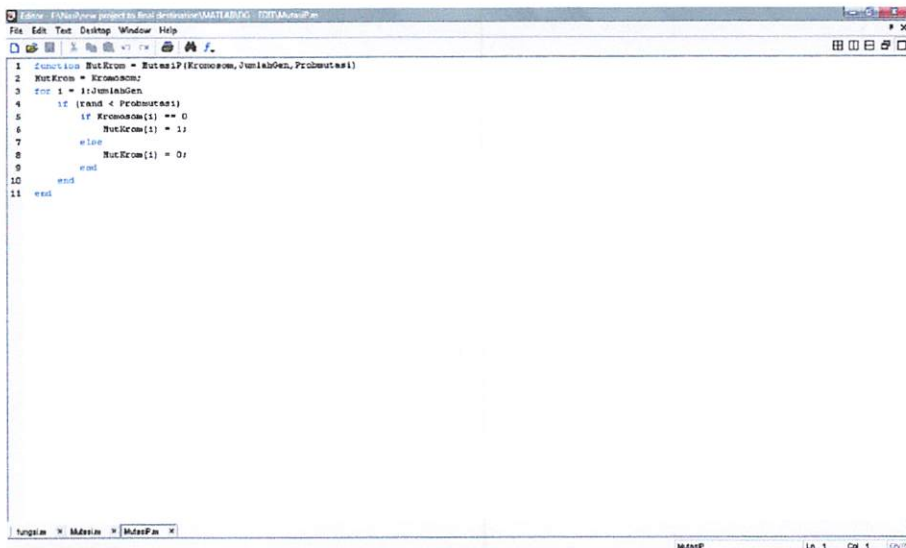


```
210 jundaya=round(jundaya*1000000)/1000000;
211 end
212 dayahilang=baseNVA*P(1)+jundaya;
213 dayasembilang=baseNVA*Q(1)+jundayasemi;
214
215 Va=1;
216 for i1=1:nbus
217     if (V(i1)>=0.98) & (V(i1)<=1.05)
218         Va=Va*1;
219     else
220         Va=Va*exp(-0.1*abs(1-V(i1))-0.05);
221     end;
222 end;
223
224 PV=0;
225 for i1=1:nbus
226     PV=PV+V(i1)*100-busdata(i1,3)*100;
227 end
228 FP=Pi*om-dayahilang;
229 FQ=Qi*om-dayasembilang;
230 SAP=0;
231 SRP=0;
232 AVP=0;
233 for i1=1:nbus
234     SAP=SAP+abs(Pv(i1) - P1(i1));
235     SRP=SRP+abs(Qv(i1) - Q1(i1));
236     AVP=AVP+busdata(i1,2)*100;
237 end
238 AVP=AVP/abus;
239 k1=100/SAP;
240 k2=100/SRP;
241 k3=100/AVP;
242
243 Fitness=k1*max(0,1/abus*PV)+k2*max(0,FP)+k3*max(0,FQ);
244 if V=1
245     Fitness=1;
246 end
```

Gambar 4.10
Tampilan Inputan *objective function* dengan metode GA

Pada gambar 4.10 merupakan tampilan dari *objective function* atau fungsi tujuan dimana fungsi tujuan diubah ke dalam bentuk *M-file*, inputannya adalah data pembebanan dan data saluran.

9. Tampilan inputan parameter GA

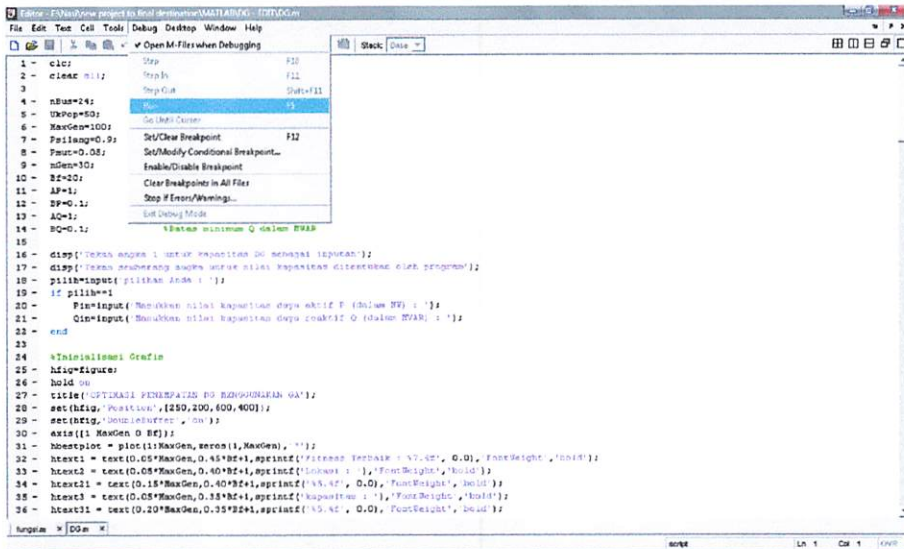


```
1 function MutKrom = MutasiP (Kromosom, JumlahGen, ProbMutasi)
2 MutKrom = Kromosom;
3 for i = 1:JumlahGen
4     if (rand < ProbMutasi)
5         if Kromosom(i) == 0
6             MutKrom(i) = 1;
7         else
8             MutKrom(i) = 0;
9         end
10    end
11 end
```

Gambar 4.11
Tampilan parameter dari metode GA

Pada gambar 4.11 adalah tampilan salah satu dari parameter metode yang digunakan yaitu *GA*, yaitu *mutasi*. Dimana parameter – parameter rancangan untuk *GA* yang diterapkan pada penempatan DG seperti *Pop Size*, *Max Gen*, *Mutasi*, dan *Crossover*.

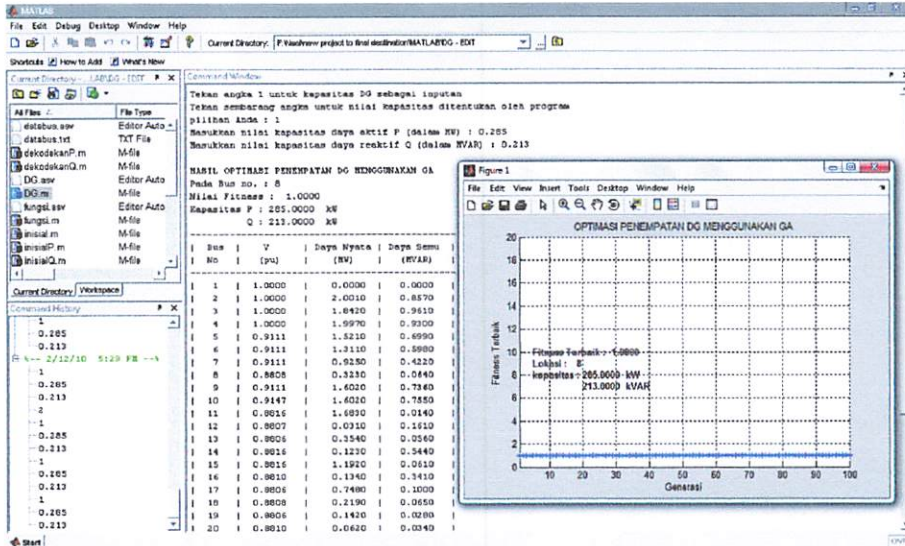
10. Menjalankan program simulasi



Gambar 4.12
Tampilan Untuk Menjalankan Program

Pada gambar 4.12 adalah tampilan untuk menjalankan program simulasi matlab 7.0.4. Pilih file dengan nama *debug* kemudian klik, setelah itu muncul seperti yang terlihat pada tampilan kemudian pilih *run* dan klik untuk menjalankan program simulasi matlab 7.0.4. setelah itu lanjut ke langkah berikutnya.

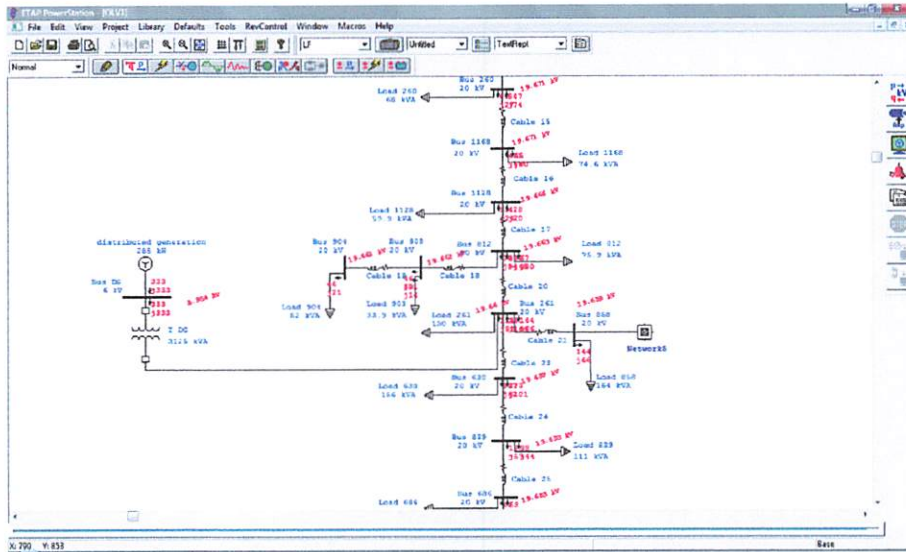
11. Tampilan hasil perhitungan dengan metode *Genetic Algorithm* untuk optimasi penempatan DG.



Gambar 4.13
Tampilan Hasil Letak Optimasi penempatan DG menggunakan GA

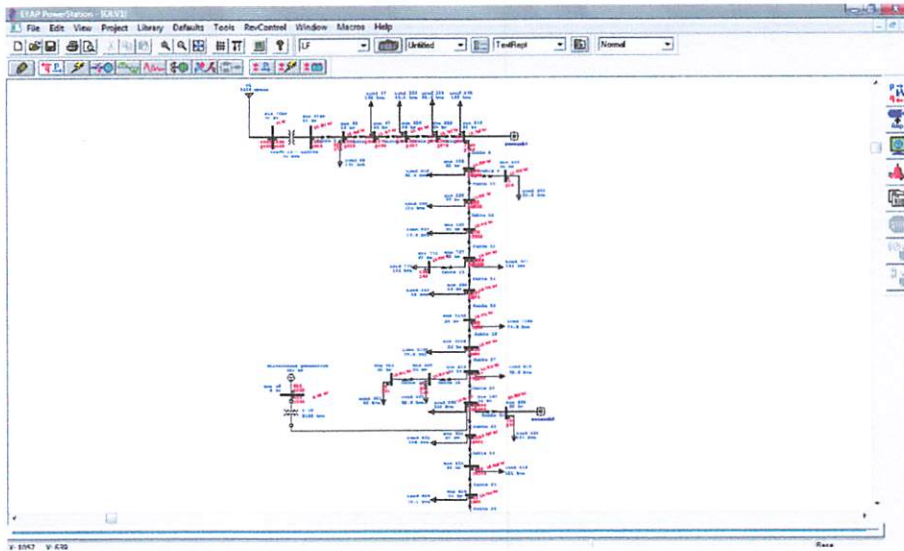
Pada gambar 4.13 terlihat tampilan hasil letak optimasi penempatan DG menggunakan metode *Genetic Algorithm*. Dari hasil perhitungan ini terlihat fitness terbaik sebesar 1.0000, lokasi DG pada bus nomor 8 yaitu bus 261, dengan kapasitas DG sebesar 285 kW dan 213 kVAR.

12. Load flow penempatan DG



Gambar 4.14
Tampilan optimasi DG pada bus 261

Setelah di ketahui letak optimasi terbaik dari penempatan DG yaitu pada bus 261, maka dilakukan langkah selanjutnya yaitu menjalankan *load flow* dari sistem setelah pemasangan DG di software *ETAP Power station* seperti pada gambar 4.15



Gambar 4.15
Load flow optimasi DG pada bus 261

13. Laporan hasil analisa setelah penempatan DG

LOAD FLOW REPORT															
Bus ID	Voltage LP	Voltage			Generator		Motor Load		Static Load		Load Flow			XFMR % Tap	
		%Mag	Ang		MW	MVar	MW	MVar	MW	MVar	ID	MW	MVar		Amp
Bus 23br	20.00	99.644	-0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	1.69	0.61	51	94.1
Bus 47	20.00	99.337	0.6	0	0	0	0	0.15	0.07	0.07	0.07	-1.33	0.33	47	94.5
* Bus 70br	70.00	100.000	0.0	1.69	0.62	0	0	0	0	0	0	1.38	0.46	40	94.8
Bus 86	20.00	99.424	-0.6	0	0	0	0	0.15	0.07	0.07	0.07	-1.68	0.60	51	94.2
Bus 246	20.00	98.676	-0.9	0	0	0	0	0.15	0.07	0.07	0.07	-1.33	0.33	47	94.4
Bus 259	20.00	98.379	-1.1	0	0	0	0	0.10	0.05	0.05	0.05	-1.21	0.38	37	95.4
Bus 260	20.00	98.256	-1.1	0	0	0	0	0.06	0.03	0.03	0.03	-1.04	0.31	32	96.0
												-1.00	0.28	30	96.3
												0.89	0.23	27	96.8
												-0.61	0.10	18	98.6
												0.55	0.07	16	99.1

Gambar 4.16
Tampilan Report Manager setelah penempatan DG

Untuk melihat perhitungan program analisa secara detail dan mencetaknya bisa dilakukan dengan memilih Report Manager pada mode

toolbar. Berikut adalah laporan hasil analisa *Load Flow* setelah dipasangkannya DG pada sistem.

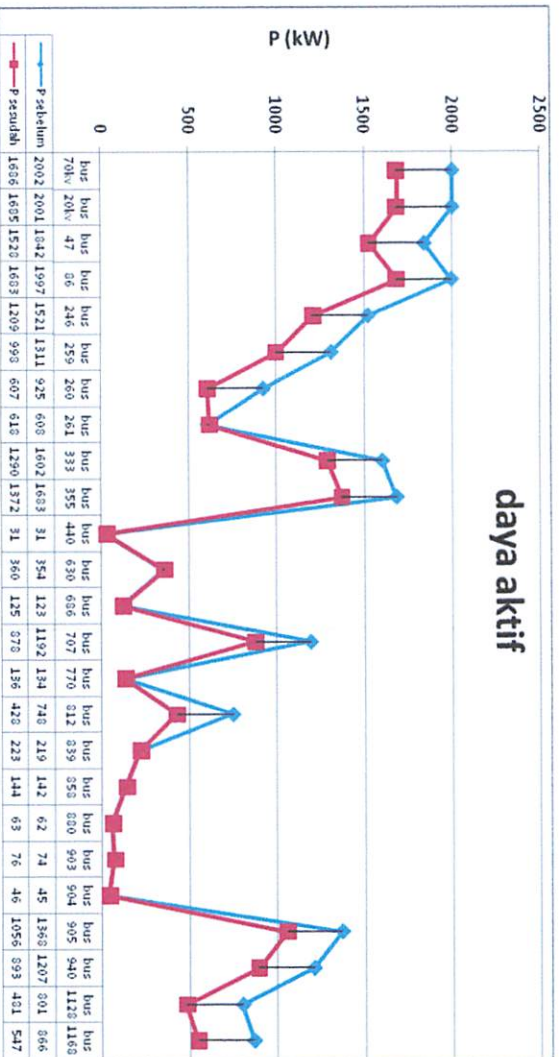
Tabel 4.5.
Karakteristik saluran setelah pemasangan DG

NO SALURAN	NAMA SALURAN	SALURAN		R (Ω)	X (Ω)
		DARI	KE		
1	cable 1	BUS 20KV	BUS 86	1,81608	4,24692
2	cable 3	BUS 86	BUS 47	0,79561	1,85741
3	cable 4	BUS 47	BUS 355	5,51742	12,8961
4	cable 5	BUS 355	BUS 333	1,29720	3,03068
5	cable 6	BUS 333	BUS 246	0,11242	0,26109
6	cable 8	BUS 246	BUS 905	4,21157	9,84229
7	cable 9	BUS 905	BUS 440	0,09729	0,22804
8	cable 10	BUS 905	BUS 259	0,06486	0,15203
9	cable 11	BUS 259	BUS 940	0,10810	0,25118
10	cable 12	BUS 940	BUS 707	0,07350	0,16855
11	cable 13	BUS 707	BUS 770	0,08864	0,20821
12	cable 14	BUS 707	BUS 260	0,08648	0,20160
13	cable 15	BUS 260	BUS 1168	0,07350	0,16855
14	cable 16	BUS 1168	BUS 1128	0,87128	2,03588
15	cable 17	BUS 1128	BUS 812	0,87344	2,03918
16	cable 18	BUS 812	BUS 903	0,42375	0,98819
17	cable 19	BUS 903	BUS 904	0,97290	2,27053
18	cable 20	BUS 812	BUS 261	0,99235	2,32011
19	cable 21	BUS 261	BUS 858	0,45402	1,06090
20	cable 23	BUS 261	BUS 630	0,65724	1,53352
21	cable 24	BUS 630	BUS 839	0,92749	2,16808
22	cable 25	BUS 839	BUS 686	0,30051	0,70396
23	cable 26	BUS 686	BUS 880	0,31997	0,74693
24	trafo II	bus 70kv	bus 20kv	0,58590	16,6671

Tabel 4.6
Karakteristik Bus setelah pemasangan DG

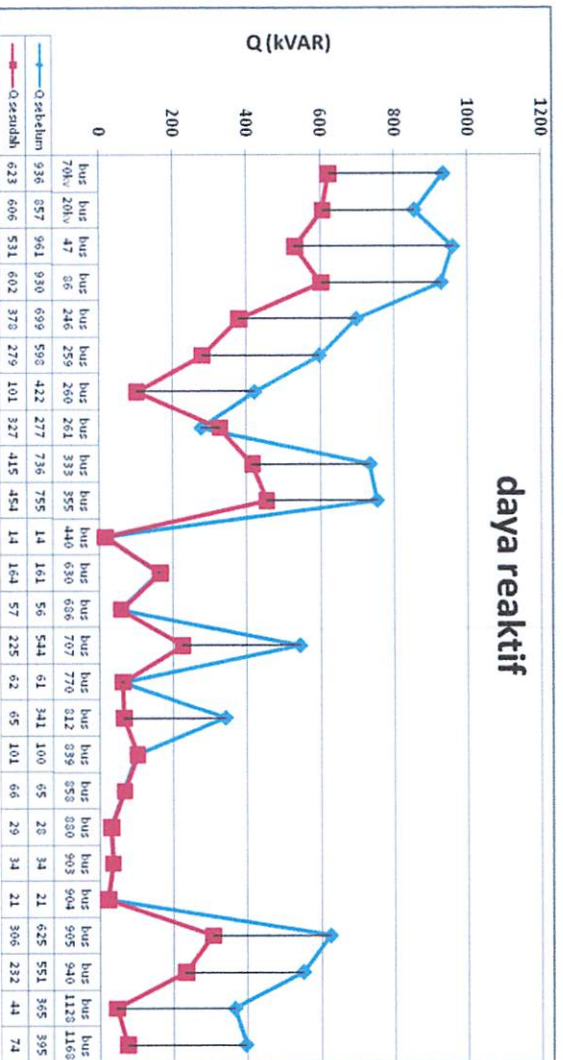
NO BUS	NAMA BUS	V (KV)	SEBELUM			SETELAH		
			P (KW)	Q (KVAR)	Vdrop (%)	P (KW)	Q (KVAR)	Vdrop (%)
1	bus 70kv	70	2002	936	-	1686	623	-
2	bus 20kv	20	2001	857	(0,534)	1685	606	(0,356)
3	bus 47	20	1842	961	(0,941)	1528	531	(0,663)
4	bus 86	20	1997	930	(0,821)	1683	602	(0,576)
5	bus 246	20	1521	699	(1,867)	1209	378	(1,324)
6	bus 259	20	1311	598	(2,367)	998	279	(1,630)
7	bus 260	20	925	422	(2,361)	607	101	(1,644)
8	bus 261	20	608	277	(2,524)	618	327	(1,698)
9	bus 333	20	1602	736	(1,853)	1290	415	(1,314)
10	bus 355	20	1683	755	(1,686)	1372	454	(1,197)
11	bus 440	20	31	14	(2,331)	31	14	(1,626)
12	bus 630	20	354	161	(2,542)	360	164	(1,716)
13	bus 686	20	123	56	(2,562)	125	57	(1,736)
14	bus 707	20	1192	544	(2,355)	878	225	(1,641)
15	bus 770	20	134	61	(2,356)	136	62	(1,642)
16	bus 812	20	748	341	(2,475)	428	65	(1,687)
17	bus 839	20	219	100	(2,559)	223	101	(1,733)
18	bus 858	20	142	65	(2,529)	144	66	(1,703)
19	bus 880	20	62	28	(2,563)	63	29	(1,738)
20	bus 903	20	74	34	(2,477)	76	34	(1,690)
21	bus 904	20	45	21	(2,481)	46	21	(1,693)
22	bus 905	20	1368	625	(2,330)	1056	306	(1,626)
23	bus 940	20	1207	551	(2,348)	893	232	(1,637)
24	bus 1128	20	801	365	(2,422)	481	44	(1,669)
25	bus 1168	20	866	395	(2,366)	547	74	(1,646)

Setelah dilakukan *load flow* dengan penempatan DG pada bus 261 sehingga sistem mengalami peningkatan tegangan, dimana tegangan meningkat rata-rata sebesar 0,643% dari tegangan nominalnya pada tiap bus, sehingga pada sistem tegangan meningkat sebesar 3,215 kV dari 25 bus yang terpasang pada sistem.



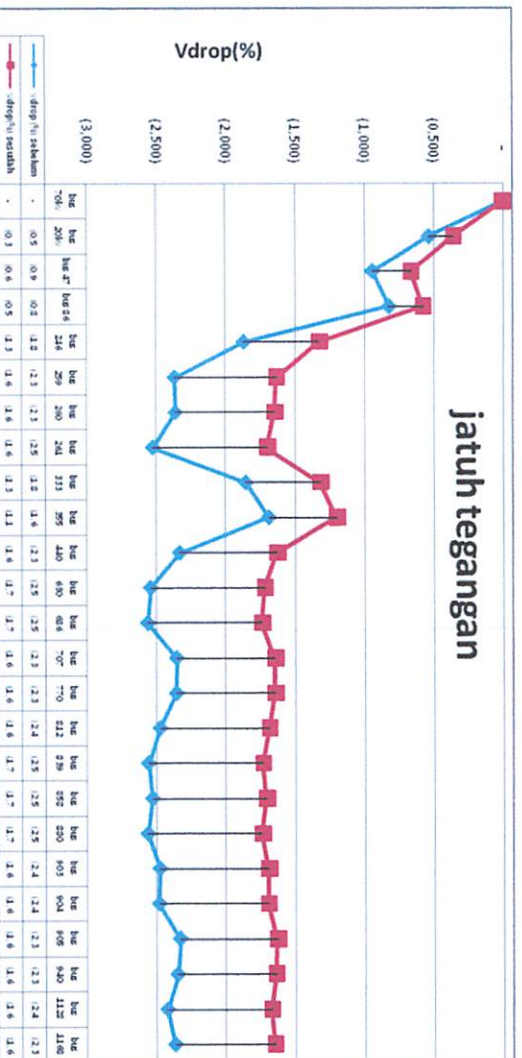
Grafik 4.1.

Kedaaan Daya aktif sebelum dan sesudah penambahan DG



Grafik 4.2.

Kedaaan Daya reaktif sebelum dan sesudah penambahan DG

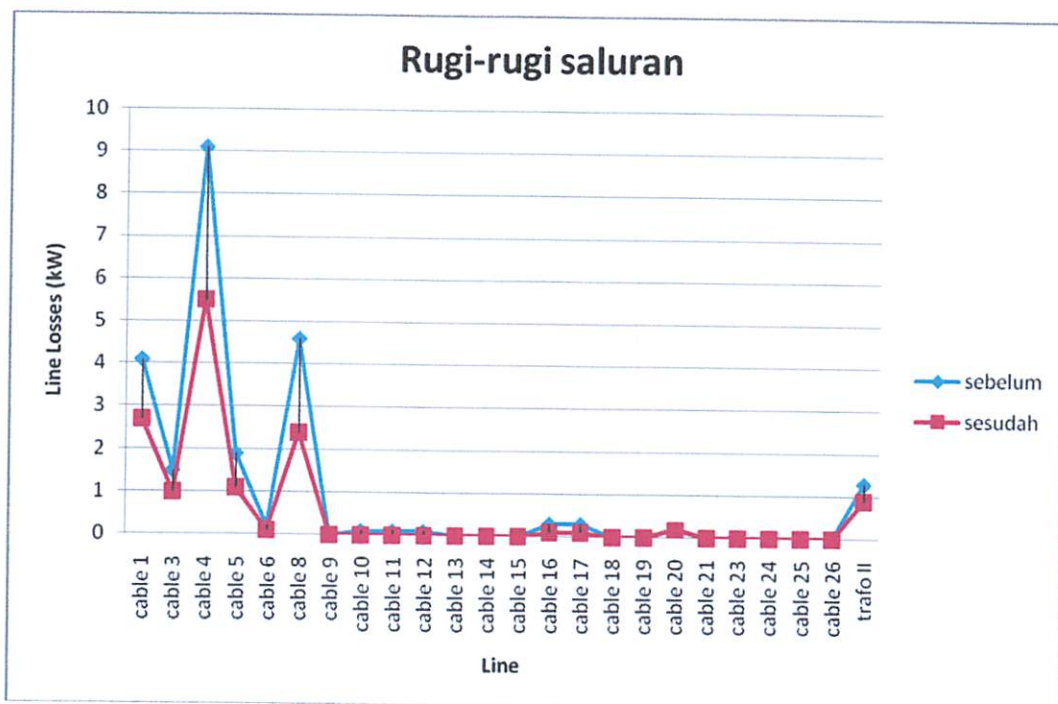


Grafik 4.3. Keadaan persentase jatuh tegangan sebelum dan sesudah penambahan DG

Tabel 4.7
Rugi saluran setelah pemasangan DG

LINE	LINE LOSSES (KW)	
	SEBELUM	SESUDAH
cable 1	4,1	2,7
cable 3	1,5	1
cable 4	9,1	5,5
cable 5	1,9	1,1
cable 6	0,2	0,1
cable 8	4,6	2,4
cable 9	0	0
cable 10	0,1	0
cable 11	0,1	0
cable 12	0,1	0
cable 13	0	0
cable 14	0	0
cable 15	0	0
cable 16	0,3	0,1
cable 17	0,3	0,1
cable 18	0	0
cable 19	0	0
cable 20	0,2	0,2
cable 21	0	0
cable 23	0	0
cable 24	0	0
cable 25	0	0
cable 26	0	0
trafo II	1,3	0,9
total	23,8	14,1

Pada saluran kabel dengan dipasangkan DG pada sistem menyebabkan rugi-rugi saluran mengalami penurunan yaitu sebesar 9,7 kW dimana sebelum di pasang rugi saluran 23,8 kW setelah di pasang DG, rugi saluran berkurang menjadi 14,1 kW.



Grafik 4.4.
Keadaan Rugi-rugi saluran sebelum dan sesudah penambahan DG

4.5. Perhitungan Biaya

Pada perhitungan biaya ini digunakan hasil total rugi daya aktif sebelum pemasangan, sesudah pemasangan dan selisih keduanya. Untuk dibandingkan dengan total biaya pemasangan dan operasional DG.

Berikut adalah perhitungan biaya rugi daya reaktif per satuan waktu:

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya}_{\text{sebelum DG/jam}} &= \text{KW}_{\text{sebelum DG}} \times \text{harga listrik/KWH} \\
 &= 22.858 \times \text{Rp. } 1030,- \\
 &= \text{Rp. } 23.543.740,-
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya}_{\text{sebelum DG/hari}} &= \text{Biaya}_{\text{sebelum DG/jam}} \times 24 \\
 &= \text{Rp. } 23.543.740,- \times 24 \\
 &= \text{Rp. } 565.046.760,-
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya}_{\text{sebelum DG/bulan}} &= \text{Biaya}_{\text{sebelum DG/hari}} \times 30 \\
 &= \text{Rp. } 565.046.760,- \times 30 \\
 &= \text{Rp. } 16.951.492.800,-
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan biaya rugi daya aktif sesudah pemasangan DG dan selisih sesudah dan sebelum pemasangan DG dilakukan sama seperti cara di atas.

Hasil dari perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.8.
Biaya untuk rugi daya reaktif per satuan waktu

No	Keterangan	kW	Rp/ jam	Rp/hari	Rp/bulan
1	Sebelum DG	22 858	23 543 740	565 049 760	16 951 492 800
2	Setelah DG	18 163	18 707 890	448 989 360	13 469 680 800
3	Selisih	4 695	4 835 850	116 060 400	3 481 812 000

Berikut adalah perhitungan biaya operasional DG:

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya}_{\text{pemasangan DG}} &= \text{Total kapasitas(kW)} \times \text{harga install/ kW} \\
 &= 285 \text{ kW} \times \text{Rp. } 8.000.000,- \\
 &= \text{Rp. } 2.280.000.000,-
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya}_{\text{bahan bakar/ jam}} &= \text{banyaknya kebutuhan (liter)} \times \text{harga/liter} \\
 &= 95 \text{ liter} \times \text{Rp. } 4.500,- \\
 &= \text{Rp. } 427.500,-
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya}_{\text{bahan bakar/ hari}} &= \text{Biaya}_{\text{bahan bakar/ jam}} \times 24 \\
 &= \text{Rp. } 427.500,- \times 24 \\
 &= \text{Rp. } 10.260.000,-
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya}_{\text{bahan bakar/ bulan}} &= \text{Biaya}_{\text{bahan bakar/ hari}} \times 30 \\
 &= \text{Rp. } 10.260.000,- \times 30 \\
 &= \text{Rp. } 307.800.000,-
 \end{aligned}$$

Perhitungan biaya pemasangan DG dan biaya operasional berupa bahan bakar dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.9.
Biaya untuk pemasangan dan bahan bakar DG

No	Keterangan	jumlah satuan	Harga (Rp)			
			satuan	jam	hari	bulan
1	Pemasangan DG	285 kW	8 000 000 /kW	2 280 000 000		
2	Bahan bakar	95 L/ jam	4 500/ L	427 500	10 260 000	307 800 000

Berdasarkan perhitungan diatas dapat diketahui keuntungan biaya dari pemasangan DG terhadap sistem jaringan distribusi 20 kV G.I Polehan penyulang Kedungkandang, yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{Keuntungan}_{\text{perbulan}} &= \text{selisih sebelum dan sesudah DG} - \text{biaya operasional} \\
 &= \text{Rp. } 3.481.812.000,- - \text{Rp. } 307.800.000,- \\
 &= \text{Rp. } 3.174.012.000,-
 \end{aligned}$$

Sehingga dengan keuntungan tersebut maka dalam kurun waktu 1 bulan maka biaya investasi dari pemasangan DG akan tertutup.

Tabel 4.10.
Hasil Program Metode *Genetic Algorithm* (GA)

No	Keterangan	Sebelum Penempatan	Setelah Penempatan	
			Bus	Kapasitas
1	Lokasi, Kapasitas DG yang akan dipasang	-	261	285 (kW)
2	Jatuh Tegangan pada bus pada sistem	2,524 % atau 504,8 V	1,698 % atau 339,6 V	
		2,066% atau 10330 V	1,423 % atau 7115 V	
3	Line Losses (kW)	23,8	14,1	
4	Biaya rugi daya aktif	Rp. 16.951.492.800	Rp. 13.469.680.800	

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa data dan hasil yang didapatkan, maka disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Aliran daya yang mengalir dari GI Polehan Trafo II untuk menyuplai penyulang Kedung Kandang adalah sebesar 2,001 MW.
2. Letak DG yang optimal terletak pada bus 261, dengan kapasitas DG sebesar 0,285 MW
3. Jatuh tegangan pada bus 261 sebelum penempatan sebesar 2,524% atau 504,8 V setelah penempatan turun menjadi 1,698% atau 339,6 V, sedangkan pada sistem tegangan meningkat rata-rata sebesar 0,643% dari tegangan nominalnya pada tiap bus, sehingga pada sistem tegangan meningkat sebesar 3,215 kV dari 25 bus yang terpasang pada sistem..
4. Pada saluran kabel dengan dipasangkan DG pada sistem menyebabkan rugi-rugi saluran mengalami penurunan yaitu sebesar 9,7 kW dimana sebelum di pasang rugi saluran 23,8 kW setelah di pasang DG, rugi saluran berkurang menjadi 14,1 kW.
5. Analisa perhitungan biaya terhadap rugi daya aktif dari sebelum pemasangan DG adalah sebesar Rp. 16.951.492.800,- per bulan dan sesudah pemasangan DG menjadi Rp. 13.469.680.800,- per bulan, sehingga selisihnya adalah Rp. 3.481.812.000,- per bulan.

6. Setelah dikurangi biaya operasional untuk bahan bakar sebesar Rp. 307.800.000,- per bulan keuntungan dari pemasangan DG menjadi Rp. 3.174.012.000,- per bulan. Sehingga dengan keuntungan tersebut maka dalam kurun waktu 1 bulan maka biaya investasi dari pemasangan DG akan tertutup.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. M.Sedighzadeh, A. Rezazadeh, "*Using Genetic Algorithm for Distributed Generation Allocation to Reduce Losses and Improve Voltage Profile*". Proceeding of world academy of science, engineering and technology volume 27 february 2008 ISSN 1307-6884.
- [2]. Hasan Basri, "*Sistem Distribusi Tenaga Listrik*".
- [3]. Manu Gah, Ade, "*Simulasi dan Analisis pengaruh Distributed Generation terhadap rugi-rugi energi pada sistem distribusi radial 20 kV.Studi kasus: Penyulang Darmo Permai*", Universitas Kristen Petra, Surabaya, April 2008.
- [4]. William D Stevenson, Jr. "*Analisa Sistem Tenaga Listrik*". Edisi ke empat, Erlangga, Jakarta, 1993.
- [5]. Mitsuo Gen, Runwei Cheng, "*Genetic Algorithm And Engineering Design*". (John Willey & Son, Inc, 1994) p-7.
- [6]. Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, U.S. Department of Energy, "*Distributed Generation Interconnection Manual. Public Utility Commission of Texas*", May, 2002.
- [7]. <<http://edubenchmark.com/wp-content/uploads/solarcell.jpg>>
- [8]. S, Fendi, "*Green and Clean Energy Indonesia*", <<http://renewableenergyindonesia.files.wordpress.com/2008/03/sketsa-kincir-angin.jpg>>
- [9]. Senteirsens Dessin. "*Green Trust*", 2008. <http://www.Green-Trust.org/Dessin_Senteirsens.jpg&imgrefurl.html>
- [10]. Tim Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, "*Teknik Dasar Motor Diesel*", Yogyakarta, Desember 2003.
- [11]. Palo Alto, "*Integrating Distributed Resources into Electric Utility Distribution System*". California: EPRI PEAC Corporation, 2001. <<http://www.epri.com/distgen.pdf>>

[12]. Hornak Donald, "*Distributed Generation Interconnection*", Florida: Basler Electric Company, 2006.

[13]. <[http://www.depc.com/generator sets/item-09688 files/nav-divider.jpg](http://www.depc.com/generator%20sets/item-09688_files/nav-divider.jpg)>

LAMPIRAN



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

1. Nama : ELSA CHRISTIAN HAPE
2. NIM : 05.12.001
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : ANALISA ALOKASI *DISTRIBUTED GENERATION (DG)* PADA JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL 20 kV UNTUK MENGURANGI RUGI-RUGI DAN PERBAIKAN PROFIL TEGANGAN PADA G.I POLEHAN PENYULANG KEDUNG KANDANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE *GENETIC ALGORITHM (GA)*

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

Hari : Sabtu
Tanggal : 20 Februari 2010
Dengan Nilai : 86,25 (A) *By*

Panitia Ujian Skripsi

Ketua Majelis Penguji

(Ir. H. Sidik Noertjahjono, MT)
NIP. Y. 1028700163

Sekretaris Majelis Penguji

(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)
NIP.Y. 1039500274

Anggota Penguji

Penguji I

(Ir. Choirul Saleh, MT)
NIP.P.1018800190

Penguji II

(Bambang Prio Hartono, ST, MT)
NIP.Y.1028400082



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama : ELSA CHRISTIAN HAPE
NIM : 05.12.001
Masa Bimbingan : 11 September 2009 s/d 11 Maret 2010
Judul Skripsi : ANALISA ALOKASI *DISTRIBUTED GENERATION (DG)*
PADA JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL 20 kV UNTUK
MENGURANGI RUGI-RUGI DAN PERBAIKAN PROFIL
TEGANGAN PADA G.I POLEHAN PENYULANG
KEDUNG KANDANG DENGAN MENGGUNAKAN
METODE *GENETIC ALGORITHMH (GA)*

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Penguji
1.	20-02-2010	Latar Belakang (pustaka)	
2.	20-02-2010	Tabel 4.8 Analisa Data	

Disetujui :

Penguji I

(Ir. Choirul Saleh, MT)
NIP.P.1018800190

Penguji II

(Bambang Prio Hartono, ST, MT)
NIP.Y.1028400082

Mengetahui,

Dosen Pembimbing

(Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT)
NIP.Y. 1018800189



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA : Elsa Christian Hp
NIM :
Perbaikan meliputi :

- Literatur Belakang (Pustaka).

Tabel 4.8. Analisa Data.

Malang,

(_____)



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : ELSA CHRISTIAN HAPE
Nim : 05.12.001
Masa Bimbingan : 11 September 2009 s/d 11 Maret 2010
Judul Skripsi : **ANALISA ALOKASI *DISTRIBUTED GENERATION (DG)* PADA JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL 20 kV UNTUK MENGURANGI RUGI - RUGI DAN PERBAIKAN PROFIL TEGANGAN PADA G.I POLEHAN PENYULANG KEDUNG KANDANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE *GENETIC ALGORITHM (GA)***

No.	Tanggal	Uraian	Parap Pembimbing
1.	18-01-2010	Bimbingan Bab I dan Bab II. Revisi Judul, Tatacara Penulisan dan Isi.	
2.	27-01-2010	Bimbingan Bab III dan IV. Revisi Analisa Hasil.	
3.	03-02-2010	Bimbingan Bab IV. Revisi Kesimpulan.	
4.	08-02-2010	Acc Bab I, II, dan III.	
5.	09-02-2010	Bimbingan Bab IV dan V. Revisi Grafik dan Kesimpulan.	
6.	11-02-2010	Acc Bab IV dan V. Bimbingan Jurnal. Revisi Penulisan.	
7.	13-02-2010	Acc Jurnal dan Makalah Seminar Hasil.	
8.	18-02-2010	Bimbingan Seluruh Bab. Revisi Daftar Pustaka	
9.	19-02-2010	Acc Ujian Skripsi	

Malang, 19 Februari 2010

Dosen Pembimbing,

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, M.P.
NIP. Y 1018800189



PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang betanda tangan dibawah ini :

Nama : *elsa christian. hape*
 NIM : *05.12.001*
 Semester : *8 (delapan)*
 Fakultas : *Teknologi Industri*
 Jurusan : *Teknik Elektro S-1*
 Konsentrasi : ~~TEKNIK ELEKTRONIKA~~
 : ~~TEKNIK ENERGI LISTRIK~~
 : ~~TEKNIK KOMPUTER DAN INFORMATIKA~~
 Alamat : *Jl. Magersari Utara 06. Kebonagung - Malang*

Dengan ini kami mengajukan permohonan untuk mendapatkan persetujuan untuk membuat **SKRIPSI Tingkat Sarjana**. Untuk melengkapi permohonan tersebut, bersama kami lampirkan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi.

Adapun persyaratan-persyaratan pengambilan **SKRIPSI** adalah sebagai berikut :

1. Telah melaksanakan semua praktikum sesuai dengan konsentrasinya (.....)
2. Telah lulus dan menyerahkan Laporan Praktek Kerja (.....)
3. Telah lulus seluruh mata kuliah keahlian (MKB) sesuai konsentrasinya (.....)
4. Telah menempuh mata kuliah ≥ 134 sks dengan IPK ≥ 2 dan tidak ada nilai E (.....)
5. Telah mengikuti secara aktif kegiatan seminar skripsi yang diadakan Jurusan (.....)
6. Memenuhi persyaratan administrasi (.....)

Demikian permohonan ini untuk mendapatkan penyelesaian lebih lanjut dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Telah diteliti kebenaran data tersebut diatas
 Recording Teknik Elektro

(pns. haryani)

Malang, *3-8-2009*
 Pemohon

(elsa christian. hape)

Disetujui
 Ketua Jurusan Teknik Elektro

(Signature)
Ir. F. Yudi Linpraptono, MT
 NIP. P. 1039500274

Mengetahui
 Dosen Wali

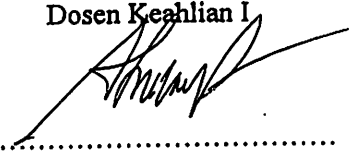
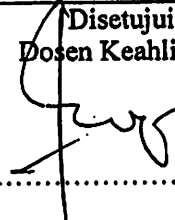

(Signature)
Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
 NIP. Y. 1018600189

Catatan :

Bagi mahasiswa yang telah memenuhi persyaratan mengambil SKRIPSI agar membuat proposal dan mendapat persetujuan dari Ketua Jurusan/Sekretaris Jurusan T. Elektro S-1

1. *Uk. 464-5 / 3.39*
2. *1.37*
3. *- lab. 3*
- prant. sist pro teori

**BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI
 PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1**

KONSENTRASI		TEKNIK ENERGI LISTRIK	
Nama Mahasiswa	ELSA CHRISTIAN HAPE	NIM	05.12.001
Keterangan	Tanggal	Waktu	Tempat / Ruang
Pelaksanaan	11 SEPTEMBER 2009		
Spesifikasi Judul (berilah tanda silang *)			
<input checked="" type="checkbox"/> a.	Sistem Tenaga Elektrik	<input type="checkbox"/> e.	Embbded System
<input type="checkbox"/> b.	Konversi Energi	<input type="checkbox"/> f.	Antar Muka
<input type="checkbox"/> c.	Sistem Kendali	<input type="checkbox"/> g.	Elektronika Telekomunikasi
<input type="checkbox"/> d.	Tegangan Tinggi	<input type="checkbox"/> h.	Elektronika Instrumentasi
		<input type="checkbox"/> i.	Sistem Informasi
		<input type="checkbox"/> j.	Jaringan Komput
		<input type="checkbox"/> k.	Web
		<input type="checkbox"/> l.	Algoritma Cerda
Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa	ANALISA ALOKASI DISTRIBUTED GENERATION (DG) PADA JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL 20KV UNTUK MENURUNKAN RUGI-RUGI DAN PERBAIKAN PROFIL TEGANGAN PADA GI KEDONAGUNG G.I POLEHAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE GENETIC ALGORITHM (GA)		
Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian		
Catatan :			
Catatan :			
Persetujuan Judul Skripsi			
Disetujui, Dosen Keahlian I 		Disetujui, Dosen Keahlian II 	
Mengetahui, Ketua Jurusan  Ir. F. Yudi Limpraptono, MT NIP. Y. 1039500274	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing		
	Pembimbing I 	Pembimbing II 	

eterangan :
 lingkari a, b, c, sesuai dengan bidang keahlian



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Malang, 28 September 2009

Nomor : ITN-201/I.TA/2/09
Lampiran : -
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI
Kepada : Yth. Sdr./i **IR. YUSUF ISMAIL NAKHODA, MT**
Dosen Institut Teknologi Nasional Malang

Dosen Pembimbing
Jurusan Teknik Elektro S-1
di
Malang

Dengan hormat
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi
Untuk Mahasiswa :

Nama : ELSA CHRISTIAN HAPE
Nim : 0512001
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya
kepada Saudara/i selama masa waktu (enam) 6 bulan, terhitung mulai
tanggal :

11 September 2009 s/d 11 Maret 2010

Sebagai satu syarat untuk menempuh ujian Sarjana Teknik,
Jurusan Teknik Elektro S-1
Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan
terima kasih



Ketua Jurusan
Teknik Elektro S-1

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
Nip. Y. 1039500274

Tembusan Kepada Yth :

1. Mahasiswa Yang Bersangkutan
2. Arsip
3. Coret yang tidak perlu

Form. S 4a



FORMULIR PENDAFTARAN UJIAN SKRIPSI

DATA MAHASISWA :

Nama	:	ELSA CHRISTIAN HAPE
NIM	:	05.12.001
Fakultas	:	Teknologi Industri
Jurusan	:	Teknik Elektro S-1
Konsentrasi	:	1. Teknik Energi Listrik *)
	:	2. Teknik Elektronika *)
	:	3. Tenik Komputer dan Informatika *)
Alamat di Malang	:	JL. MAERSARI UTARA NO: 06 - KEBONAGUNG
Nomor Telp. Rumah / HP	:	0341-9331379 / 087861428764
Masa Penulisan Skripsi	:	11 SEPTEMBER 2009 - 11 MARET 2010
Dosen Pembimbing	:	1. IR. YUSUF ISMAIL NAKHODA, MT
	:	2. .
Judul Skripsi	:	ANALISA ALOKASI DISTRIBUTED GENERATION (DG) PADA JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL 20KV UNTUK MENURUNKAN RUGI-RUGI DAN PERBAIKAN PROFIL TEGANGAN PADA 6.1 POLEHIAN PENYULANG KEPUNGKANDANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GENETIC ALGORITHM (GA)

PERSYARATAN YANG HARUS DIPENUHI : **)

No.	Persyaratan	Paraf ***)
1.	Telah mengumpulkan 140 SKS dengan IPK ≥ 2	
2.	Tidak ada Nilai E	
3.	Telah menyelesaikan / mengumpulkan Laporan Praktek Kerja	
4.	Telah menempuh semua praktikum yang disyaratkan Jurusan	
5.	Menyerahkan Kartu Peserta Seminar Hasil	
6.	Mengumpulkan fotokopi Skripsi yang telah ditandatangani Dosen Pembimbing rangkap 3 (tiga) eksemplar	
7.	Menyerahkan Surat Puan Bimbingan Skripsi dari Dosen Pembimbing	
8.	Telah melunasi persyaratan administrasi (kuitansi warna kuning Rp. 100.000,-)	

Mengetahui,
 Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
 NIP. Y. 103 95 00274

Malang, FEBRUARI 2010

Mahasiswa Yang Bersangkutan

(ELSA CHRISTIAN HAPE)

catatan :

- a) Coret yang tidak diperlukan.
- b) Dilampirkan bukti persyaratan yang diperlukan.
- ***) Diparaf Sekretaris Jurusan, Recording dan Administrasi Jurusan.

Using Genetic Algorithm for Distributed Generation Allocation to Reduce Losses and Improve Voltage Profile

M. Sedighzadeh, and A. Rezazadeh

Abstract—This paper presents a method for the optimal allocation of Distributed generation in distribution systems. In this paper, our aim would be optimal distributed generation allocation for voltage profile improvement and loss reduction in distribution network. Genetic Algorithm (GA) was used as the solving tool, which referring two determined aim; the problem is defined and objective function is introduced. Considering to fitness values sensitivity in genetic algorithm process, there is needed to apply load flow for decision-making. Load flow algorithm is combined appropriately with GA, till access to acceptable results of this operation. We used MATPOWER package for load flow algorithm and composed it with our Genetic Algorithm. The suggested method is programmed under MATLAB software and applied ETAP software for evaluating of results correctness. It was implemented on part of Tehran electricity distributing grid. The resulting operation of this method on some testing system is illuminated improvement of voltage profile and loss reduction indexes.

Keywords—Distributed Generation, Allocation, Voltage Profile, losses, Genetic Algorithm.

I. INTRODUCTION

BEFORE installing distributed generation, its effects on voltage profile, line losses, short circuit current, amounts of injected harmonic and reliability must be evaluated separately. The planning of the electric system with the presence of DG requires the definition of several factors, such as: the best technology to be used, the number and the capacity of the units, the best location, the type of network connection, etc. The impact of DG in system operating characteristics, such as electric losses, voltage profile, stability and reliability needs to be appropriately evaluated. The problem of DG allocation and sizing is of great importance. The installation of DG units at non-optimal places can result in an increase in system losses, implying in an increase in costs and, therefore, having an effect opposite to the desired. For that reason, the use of an optimization method capable of indicating the best solution for a given distribution network can be very useful for the system planning engineer. The selection of the best places for installation and the preferable

size of the DG units in large distribution systems is a complex combinatorial optimization problem.

The optimal placement and sizing of generation units on the distribution network has been continuously studied in order to achieve different aims. The objective can be the minimization of the active losses of the feeder [1], [2]; or the minimization of the total network supply costs, which includes generators operation and losses compensation [3], [4], [5], [6]; or even the best utilization of the available generation capacity [7]. As a contribution to the methodology for DG economical analysis, in this paper it is presented an algorithm for the allocation of generators in distribution networks, in order to voltage profile improvement and loss reduction in distribution network. The Genetic Algorithm is used as the optimization technique. In Section 2 it is presented a brief discussion about distributed generation issues and Section 3 is an introduction to the Genetic Algorithm. The problem formulation is presented in Section 4 and the proposed solution method is discussed in Section 5. It is presented an application example in Section 6 and finally, the conclusions.

II. DISTRIBUTED GENERATIONS

A general definition was then suggested in [8] which are now widely accepted as follows: ‘Distributed Generation is an electric power source connected directly to the distribution network or on the customer site of the meter’. The definitions of DG do not define the technologies, as the technologies that can be used vary widely. However, a categorization of different technology groups of DG seems possible, such as, non-renewable DG and renewable DG. From distribution system planning point of view, DG is a feasible alternative for new capacity especially in the competitive electricity market environment and has immense benefit such as [6]: Short lead-time and low investment risk since it is built in modules, Small-capacity modules that can track load variation more closely, Small physical size that can be installed at load centers and does not need government approval or search for utility territory and land availability, Existence of a vast range of DG technologies.

For these reasons, the first signs of a possible technological change are beginning to arise on the international scene, which could involve in the future the presence of a consistently generation produced with small and medium size plants directly connected to the distribution network (LV and MV) and characterized by good efficiencies and low

Manuscript received January 5, 2008

The Authors are with Faculty of Electrical and Computer Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, 1983963113, Iran (phone: +98-21-29902290, fax: +98-21-22431804, e-mail: m_sedighi@sbu.ac.ir).

emissions. This will create new problems and probably the need of new tools and managing these systems.

III. GENETIC ALGORITHM

Genetic Algorithm is a general-purpose search techniques based on principles inspired from the genetic and evolution mechanisms observed in natural systems and populations of living beings. Their basic principle is the maintenance of a population of solutions to a problem (genotypes) as encoded information individuals that evolve in time [6].

Generally, GA comprises three different phases of search:

Phase 1: creating an initial population; phase 2: evaluating a fitness function; phase 3: producing a new population. A genetic search starts with a randomly generated initial population within which each individual is evaluated by means of a fitness function. Individual in this and subsequent generations are duplicated or eliminated according to their fitness values. Further generations are created by applying GA operators. This eventually leads to a generation of high performing individuals.

There are usually three operators in a typical genetic algorithm [6]: the first is the production operator (elitism) which makes one or more copies of any individual that posses a high fitness value; otherwise, the individual is eliminated from the solution pool; the second operator is the recombination (also known as the 'crossover') operator. This operator selects two individuals within the generation and a crossover site and carries out a swapping operation of the string bits to the right hand side of the crossover site of both individuals. Crossover operations synthesize bits of knowledge gained from both parents exhibiting better than average performance. Thus, the probability of a better offspring is greatly enhanced; the third operator is the 'mutation' operator. This operator acts as a background operator and is used to explore some of the invested points in the search space by randomly flipping a 'bit' in a population of strings. Since frequent application of this operator would lead to a completely random search, a very low probability is usually assigned to its activation.

IV. PROBLEM FORMULATION

The main goal of the proposed algorithm is to determine the best locations for new distributed generation resources by minimizing different function, related to project aims. In this work, we are following two goals for determining the formula that are used in point of start:

1. loss Reduction
2. voltage profile Improvement

These items should compose with constraints to obtain the proper objective functions. The main constraints in the optimization process in the proposed methodology are:

1. Losses before installing DG in power grid should be less than losses after installing of it.

$$LOSS_{with\ DG} \leq LOSS_{without\ DG}$$

2. Voltage constraint

$$V_{bus\ min} \leq V_{bus} \leq V_{bus\ max}$$

The objective function, with composing constraints and goals, is determined as following:

$$MaxF = k_1 \left\{ Max \left[0, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Voltage\ \%_{i_{with\ DG}} - Voltage\ \%_{i_{without\ DG}}) \right] \right\} + k_2 \left\{ Max \left[0, \left(\sum_{j=1}^m P_{j_{without\ DG}} - P_{j_{with\ DG}} \right) \right] \right\} + k_3 \left\{ Max \left[0, \left(\sum_{j=1}^m Q_{j_{without\ DG}} - Q_{j_{with\ DG}} \right) \right] \right\}$$

First term in this expression, related to difference between average of voltage profile percentage in base case and other cases according to DG's locations. By this way summation of active and reactive power losses difference are computed and objective function is established. Max operator is used for enforcing the constraints. The negative values influence is forbidden by this operator. Mentioned parameters are listed below:

$Voltage\ \%_{i_{with\ DG}}$: Voltage Percent in i th bus with DG resource.

$Voltage\ \%_{i_{without\ DG}}$: Voltage Percent in i th bus without DG resource.

$P_{i_{with\ DG}}$: Active Power Losses in j th branch with DG resource.

$P_{i_{without\ DG}}$: Active Power Losses in j th branch without DG resource.

$Q_{i_{with\ DG}}$: Reactive Power Losses in j th branch with DG resource.

$Q_{i_{without\ DG}}$: Reactive Power Losses in j th branch without DG resource.

k_1, k_2, k_3 : Emphasis or penalty factors

n : Number of Buses

m : Number of Branches.

V. PROPOSED ALGORITHM

Although using algorithm genetic is applied to this optimization problem, but we think objective functions are different so this algorithm is chosen for Distributed Generation allocation in this research. GAs are able to reach a good solution - with high probability to be the best one - by a finite steps of evolution steps performed on a finite set of possible solutions. Some objective function for optimization problem is the minimization of:

1. The cost due to system losses
2. The network upgrading investments
3. The generation cost (investments fuel, operation and maintenance)

The flow chart of our manner is shown in Fig. 1. Genetic Algorithm sets in the core of it and load flow algorithm is

used in everywhere that evaluation process is essential. First of all, base case network is evaluated and its indexes are registered. In the main path of it, Genetic Algorithm meaningful search to find the optimum place for installing DG. This routine is programmed under MATLAB software.

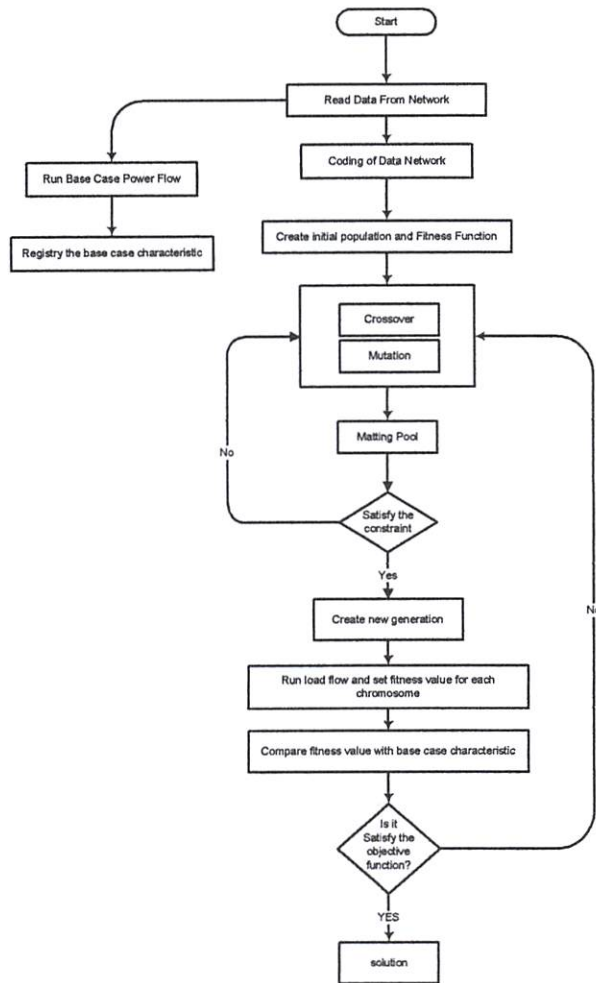


Fig. 1 Flow chart of implemented methodology

VI. CASE STUDY

Other system was selected from one part of Tehran distribution network. Single line diagram of the network is shown in Fig. 2. ETAP software (ETAP PowerStation is a strong analyzer program that is used for checking the obtained result from MATLAB). This is MV feeder with 13 buses from 63/20 kV Khoda-Bande-Loo substation. Table I illustrates line and bus information. The advantage of using this network should be its practicality.

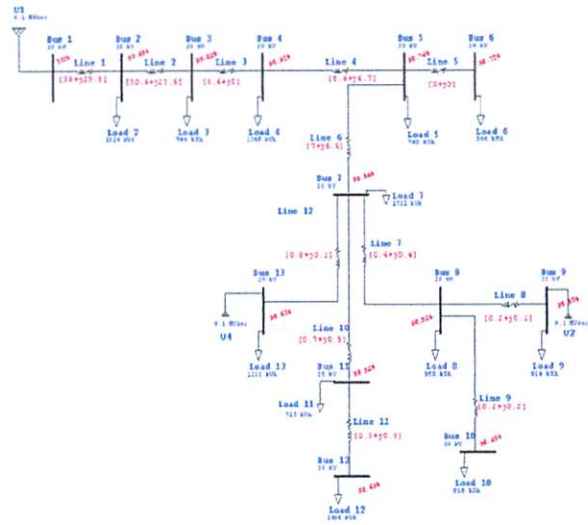


Fig. 2 Single Line Diagram of the Khoda Bande Loo feeder in ETAP space

TABLE I
LINE INFORMATION

Line Characteristics			
From	To	R ^{ohm}	X ^{ohm}
1	2	0.176	0.138
2	3	0.176	0.138
3	4	0.045	0.035
4	5	0.089	0.069
5	6	0.045	0.035
5	7	0.116	0.091
7	8	0.073	0.073
8	9	0.074	0.058
8	10	0.093	0.093
7	11	0.063	0.05
11	12	0.068	0.053
7	13	0.062	0.053

Two DG resources are used for improving of network indexes. Both of them have 1600^{kW} and 0.01^{kVar}. For normalizing fitness values that are attained during performing the routine, following points are intended:

- Three constant values are:

$$SAP = \sum_{i=1}^{12} P_i_{withoutDG} \tag{1}$$

$$SRP = \sum_{i=1}^{12} Q_{i_{withoutDG}}$$

$$AVP = \frac{1}{13} \sum_{j=1}^{13} Voltage\%_j_{withoutDG}$$

$$MaxF = \frac{1000}{AVP} \left\{ Max\left[0, \frac{1}{13} \left(\sum_{i=1}^{12} Voltage\%_{i_{withDG}} - AVP \right) \right] \right\}$$

$$+ \frac{700}{SAP} \left\{ Max\left[0, \left(SAP - \sum_{j=1}^{12} P_{j_{withDG}} \right) \right] \right\}$$

$$\frac{200}{SRP} \left\{ Max\left[0, \left(SRP - \sum_{j=1}^{12} Q_{j_{withDG}} \right) \right] \right\}$$
(2)

TABLE II
BUS INFORMATION

Bus Characteristics		
Bus Number	P kw	Q kvar
1	0	0
2	890	468
3	628	470
4	1112	764
5	636	378
6	474	344
7	1342	1078
8	920	292
9	766	498
10	662	480
11	690	186
12	1292	554
13	1124	480

Emphasis factor for each terms are: $k_1=1000$; $k_2=700$ and $k_3=200$. With this expression, the best location is bus 9 and 13.

Genetic Algorithm has a matting pool that new generations are exist with GA operators. However the number of chromosomes which are injected into matting pool be more, the number of offspring will be highness. If this number is not proper, a purpose location, close to absolute optimal point is selected or time is grown up.

Voltage percent and power losses in base case and all possible cases with installing DG are illustrated in Fig. 3 and 4.

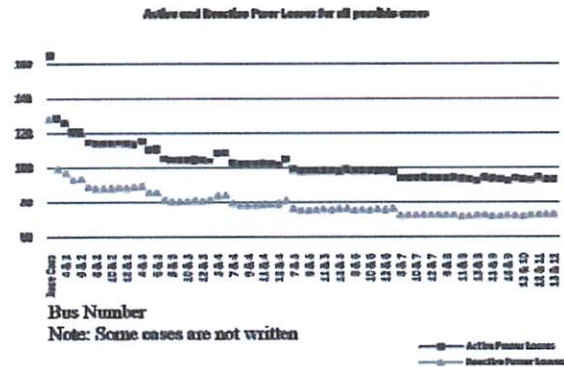


Fig. 3 Comparing Total Power Losses for all possible cases

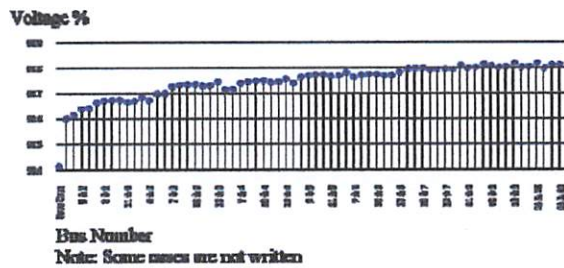


Fig. 4 Comparing Average of Percent for all possible cases

Results for installing of two DG on bus 3 and 9 are shown in following figures:

In this expressions SAP is summation of branches Active Power Losses in base case, SRP is summation of branches Reactive Power Losses in base case and AVP is Average of Voltage Percent in base case.

- Maximum amounts of active and reactive power losses summation for buses are occurred when DG resources not installed in the network (base case).
- Minimum amounts of voltage percent average for buses are occurred in base case.
- With this constant values, objective function normalized as following expression:

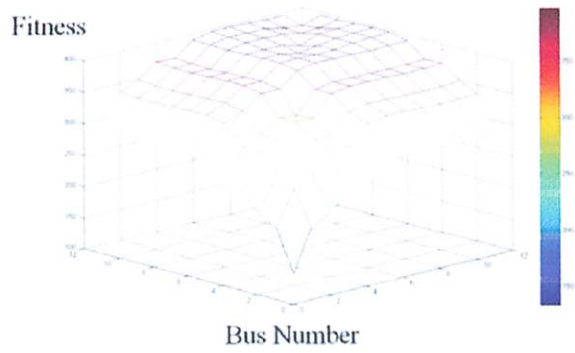
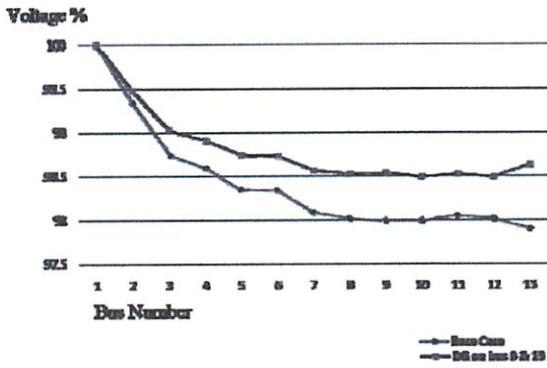
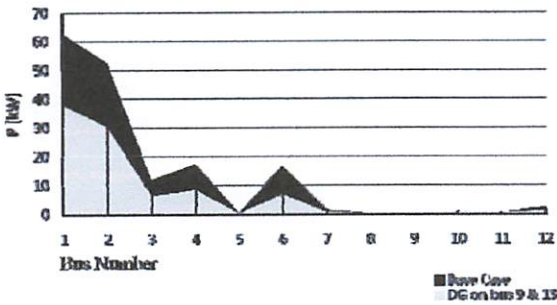


Fig. 5 Average voltage percent for base case and DG installed on bus 9 and 13

Fig. 8 Surface diagram of fitness values

With analyzing of simulations we can conclude:



1. The appropriate selection of the first population is effected on algorithm convergence. So be sure about grid coding correctness and them fitness values.
2. For Distributed Generation resource placing in network with lower number of buses, disabling the GA operators, cause to convert GA to direct search. Absolute optimal point is given by this way and in case of increasing the number of buses, even with one distributed generation resource, direct research finished by increasing of calculating and passing time.
3. Considering the load flow algorithm, one disadvantage of GA in this routine is increasing of computing level and passing time. The maximum style of installing DG for 13 buses case study with two distributed generation source is 78 time. Finding the best solution without performing routine for all possible cases is art of GA by using its operator and valuing method. Part of computing and passing time is related to use multi objective genetic algorithm.
4. Lack of updatable and available information bank which is contained specification of distribution network in different part of the country would be a failure in continuous connection between university researches and electricity industry. Existing such information based on reality need for applying university theory researches practically.
5. In running our algorithm, whatever amounts of chromosomes which enter in mating pool are higher, it closes to absolute solution, but if this amounts to be low, it has a point near the absolute solution.
6. To comprehensive evaluate of this system, we compose tow DG sources and cerate a matrix for all available cases. For example element 22 of this matrix illuminate fitness of installing DG with double capacity on bus number 2.

Fig. 6 Total active power losses for base case and DG installed on bus 9 and 13

For assurance of result validity, all possible cases are calculated. You should see them in Fig. 7. If fitness values are indicated in a matrix, because of the same selected capacities for both DG resources, it is symmetrical. For example the element 2, 4 is same amount as 4, 2. Element 2, 4 point to the fitness value which comes from installing DG on bus 2 and 4. Fig. 8 shows this value in surface diagram. It is clear that, these values are increased, with closing to the last buses.

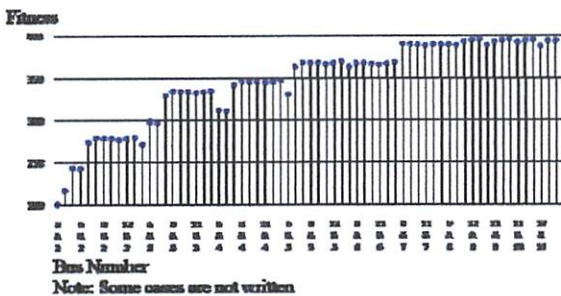


Fig. 7 Comparing fitness values for all possible cases

After analyzing this matrix best values are yield as following:

TABLE III
COMPARE RESULTS

Bus No.	Voltage % mean	Total Active Power Losses	Total Reactive Power Losses (kw)	Fitness
13	<u>98.823</u>	100.5	74	361.47
13 & 9	98.81	<u>92.9</u>	72.3	396.35
12 & 9	98.803	93.5	<u>71.7</u>	394.60

As you see in this Table III best amounts are shown. The algorithm has been used this values for its decision criteria. Maximum of mean voltage percent, occur when DG installed at bus 13 ($3200^{kw} = 1600^{kw} + 1600^{kw}$). Minimum total of active power losses occur when DG install at buses 9 and 13, also minimum amount of total reactive power occur when DG install at buses 12 and 9. The last column shows fitness value of this best point, but notes that, weight factors have clear effects on fitness.

7. This surface diagram in Fig. 8 is shown that:
- Installing DG in every bus improve network characteristic, in other hand totally installing DG has proper effects in this system.
 - Whatever you close to last bus, fitness value is more important.

VII. CONCLUSION

In this paper the results of application of GA algorithm to the optimal allocation of DGs in distribution network is presented. The effectiveness of the proposed algorithm to solve the DG allocation problem is demonstrated through a numerical example. The Khoda Bande Loo distribution test feeder in Tehran has been solved with the proposed algorithm and, the simple genetic algorithm.

REFERENCES

[1] K. Nara, Y. Hayashi, K. Ikeda, and T. Ashizawa, "Application of tabu search to optimal placement of distributed generators," in Proc. 2001 IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, pp. 918-923.

[2] T. K. A. Rahman, S. R. A. Rahim, and I. Musirin, "Optimal allocation and sizing of embedded generators," in Proc. 2004 National Power and Energy Conference, pp.288-294.

[3] G. Celli, and F. Pilo, "Optimal distributed generation allocation in MV distribution networks," in Proc.2001 IEEE PICA Conference, pp. 81-86.

[4] W. El-Khattam, K. Bhattacharya, Y. Hegazy, and M. M. A. Salama, "Optimal investment planning for distributed generation in a competitive electricity market," IEEE Trans. Power Systems, vol. 19, pp. 1674-1684, Aug.2004.

[5] W. El-Khattam, Y. G. Hegazy, and M. M. A. Salama, "An integrated distributed generation optimization model for distribution system planning," IEEE Trans. Power Systems, vol. 20, pp. 1158-1165, May 2005.

[6] M. Gandomkar, M. Vakilian, M. Ehsan, " A combination of genetic algorithm and simulated annealing for optimal DG allocation in

distribution networks", CCECE/CCGEI, Saskatoon, May 2005 IEEE, PP.645-648.

[7] A. Keane, and M. O'Malley, "Optimal allocation of embedded generation on distribution networks," IEEE Trans. Power Systems, vol. 20, pp. 1640-1646, Aug. 2005.

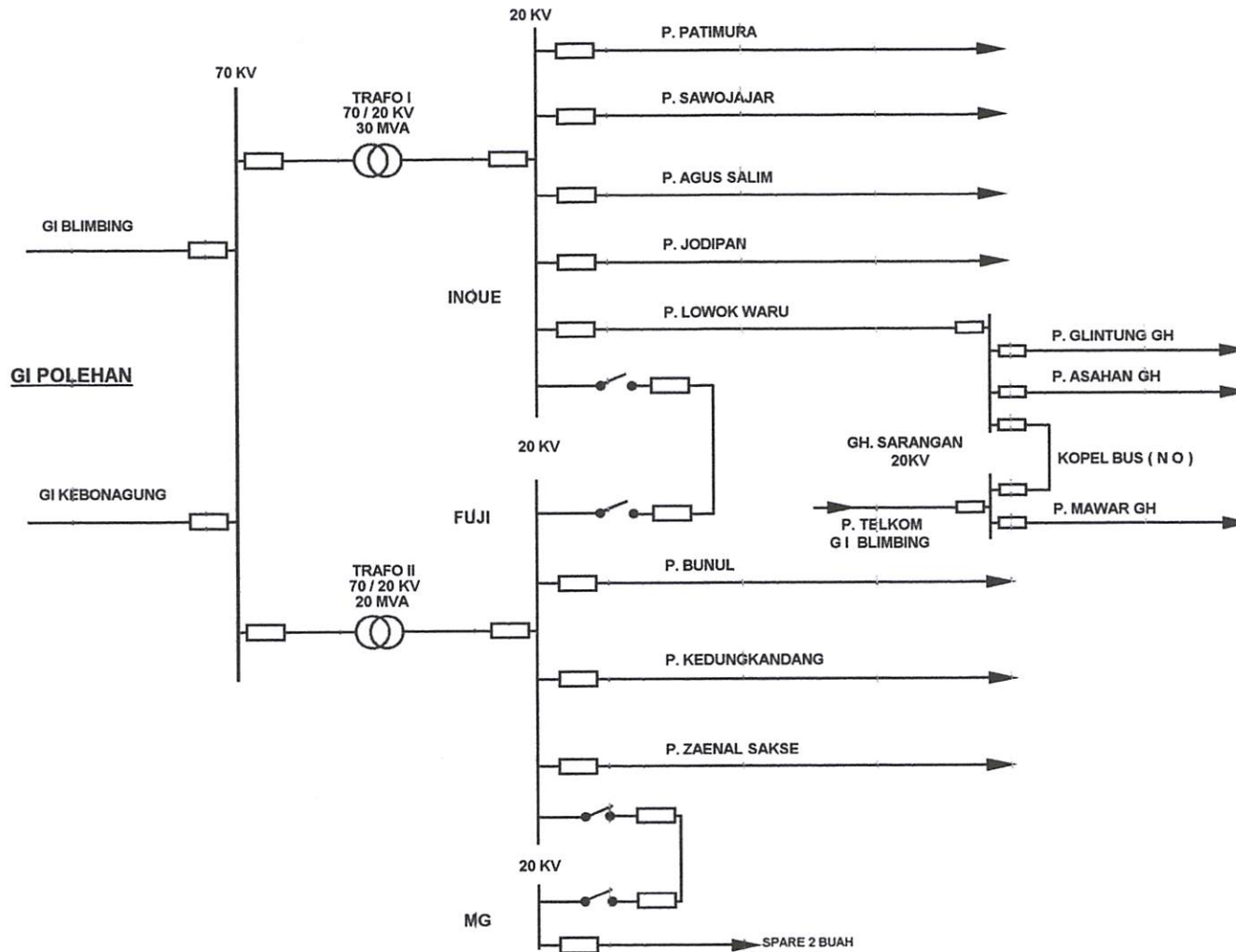
[8] Distributed generation: a definition; Thomas Ackermann , Göran Andersson, Lennart Söder, Electric Power Systems Research 57 (2001) 195–204; December 2000.



M. Sedighzadeh received the B.S. degree in Electrical Engineering from the Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran and M.S. and Ph.D. degrees in Electrical Engineering from the Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran, in 1996, 1998 and 2004, respectively. From 2000 to 2007 he was with power system studies group of Moshanir Company, Tehran, Iran. Currently, he is an Assistant Professor in the Faculty of Electrical and Computer Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. His research interests are Power system control and modeling, FACTS devices and Distributed Generation.



A. Rezazade was born in Tehran, Iran in 1969. He received his B.Sc and M.Sc. degrees and Ph.D. from Tehran University in 1991, 1993, and 2000, respectively, all in electrical engineering. He has two years of research in Electrical Machines and Drives laboratory of Wuppertal University, Germany, with the DAAD scholarship during his Ph.D. and Since 2000 he was the head of CNC EDM Wirecut machine research and manufacturing center in Pishraneh company. His research interests include application of computer controlled AC motors and EDM CNC machines and computer controlled switching power supplies. Dr. Rezazade currently is an assistant professor in the Power Engineering Faculty of Shahid Beheshti University. His research interests are Power system control and modeling, Industrial Control and Drives.



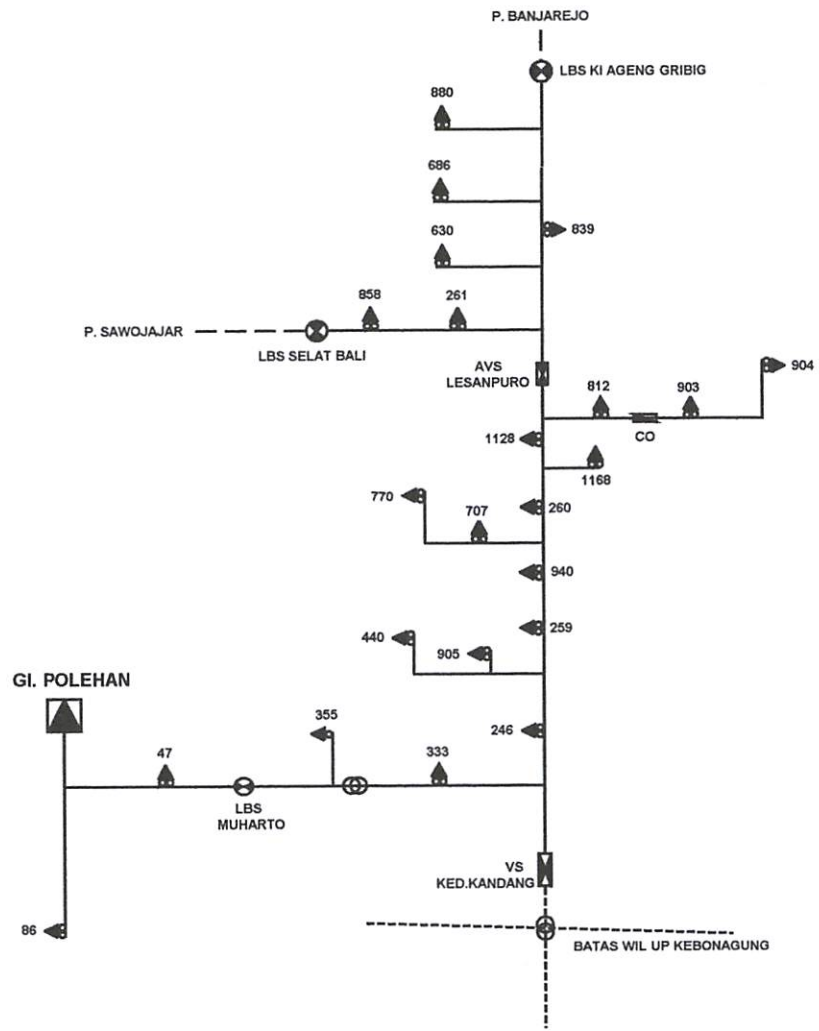
- ⊙ : TRANSFORMATOR
- : PEMUTUS
- : PENYULANG












PT. PLN (PERSERO)
DISTRIBUSI JATIM
AP&J MALANG

**SINGLE LINE DIAGRAM
GARDU INDUK POLEHAN**

DIGAMBAR	DIPERIKSA	DISETUJUI
OPDIST	ARLIAN/0. MA	Ir. SUHARSONO



-  GI
-  PGS
-  AVS
-  CO
-  LBS
-  RECLOSER
-  SUTM 20 KV
-  PCT

 PT. PLN (PERSERO)
DISTRIBUSI JATIM
AP&J MALANG

**P. KED. KANDANG
GI. POLEHAN**

DIGAMBAR	DIPERIKSA	DISETLUJUI
OPDIST	ARJANTO, MA	SUHARSONO

PANJANG JTM

Certificate No.:

BULAN : APRIL 2009

NO	GARDU INDUK TRAFO PENYULANG	TEG	PANJANG PENYULANG		PANJANG JTM (ms)	WILAYAH KERJA
			SKTM	SUTM		
I. GI. KEBON AGUNG						
	Trafo IV / 60 MVA	150 / 20 KV				
1	P. KLAYATAN	20	373	12.456	12.829	KBA
2	P. GADANG	20	261	8.944	9.205	KBA
3	P. PAKISAJI	20	322	105.328	105.650	KPJ
4	P. WAGIR	20	144	1.281	1.425	KPJ
5	P. JANTI	20	555	14.460	15.015	KOT/KBA
6	P. BUMIAYU	20	650	28.145	28.795	KBA
7	P. KOL. SUGIONO	20	651	86.351	87.002	BLW
	Trafo V / 30 MVA	150 / 20 KV				
8	P. MATOS	20	584	7.000	7.584	KBA
9	P. KARANG DUREN	20	308	60.695	61.003	BLW/KPJ
10	P. SITIREJO	20	1.061	58.002	59.063	KBA
	SUB JUMLAH I		4.909	382.662	387.571	
II. GI. BLIMBING						
	Trafo I / 20 MVA	70 / 20 KV				
11	P. MOJOLANGU	20	168	22.407	22.575	DNY
12	P. SINGOSARI	20	912	78.960	79.872	SGS / DNY / BLM
13	P. PANDANWANGI	20	251	11.304	11.555	BLB
14	P. TELKOM	20	410	260	670	BLB
	Trafo II / 30 MVA	70 / 20 KV				
15	P. MAWAR	20	838	36.870	37.708	BLB/KOT
16	P. ASAHAN	20	953	28.819	29.772	BLB/KOT
17	P. WENDIT	20	472	18.473	18.945	BLB
18	P. GLINTUNG	20	338	25.735	26.073	DNY/BLB/KOT
	Trafo III / 10 MVA	70 / 20 KV				
19	P. BENTOEL	20	241	7.396	7.637	SGS
	SUB JUMLAH II		4.583	230.224	234.807	
III. GI. POLEHAN						
	Trafo I / 30 MVA	70 / 20 KV				
20	P. PATIMURA	20	357	11.717	12.074	KOT
21	P. SAWOJAJAR	20	120	5.822	5.942	BLB
22	P. AGUS SALIM	20	496	5.356	5.852	KOT
23	P. JODIPAN	20	1.853	22.409	24.262	DNY/KOT
24	P. LOWOKWARU	20				KOT
	Trafo II / 20 MVA	70 / 20 KV				
25	P. BUNUL	20	115	21.709	21.824	KOT / BLB
26	P. KD. KANDANG	20	80	16.451	16.531	BLB
27	P. ZAENAL ZAKSE	20	401	10.295	10.696	DNY/KOT
	SUB JUMLAH III		3.422	93.758	97.180	
IV. GI. GAMPINGAN						
	Trafo I / 20MVA	70 / 20 KV				
28	P. AYUWANGI	20	-	-	-	KPJ
	SUB JUMLAH IV		-	-	-	
V. GI. PAKIS						
	Trafo I / 30 MVA	150 / 20 KV				
29	P. BANJAREJO	20	62	139.691	139.753	TMP / BLM
30	P. ASRIKATON	20	62	52.742	52.804	TMP
31	P. A.R. SALEH	20	45	16.285	16.330	BLB
32	P. SEKARPURO	20	112	5.816	5.928	BLB
33	P. TUMPANG	20				TUM
	SUB JUMLAH V		281	214.534	214.815	

PANJANG JTM

Certificate No.:

BULAN : APRIL 2009

NO	GARDU INDUK TRAFO PENYULANG	TEG	PANJANG PENYULANG		PANJANG JTM (ms)	WILAYAH KERJA
			SKTM	SUTM		
VI. GI. SENGKALING						
	Trafo III / 30 MVA	150 / 20 KV				
34	P. JUNREJO	20	619	20.060	20.679	BTU
35	P. PUJON	20	379	64.218	64.597	BTU
36	P. WASTRA INDAH	20	446	8.362	8.808	BTU
37	P. KARANG PLOSO	20	626	35.055	35.681	SGS
	Trafo IV / 30 MVA	150 / 20 KV				
38	P. BATU	20	430	28.443	28.873	BTU
39	P. DINOYO	20	842	30.021	30.863	DNY/BTU
40	P. SELECTA	20	912	76.041	76.953	BTU/SGS
41	P. TEGALGONDO	20				DNY
	SUB JUMLAH VI		4.254	262.200	266.454	
VII. GI. LAWANG						
	Trafo I / 30 MVA	150 / 20 KV				
42	P. BEDALI	20	959	37.080	38.039	LWG/SGS
43	P. SUMBER WUNI	20	154	17.599	17.753	LWG
44	P. NONGKOJAJAR	20	894	29.277	30.171	P. Khusus / LWG
45	P. POLAMAN	20	170	4.829	4.999	P. Khusus / LWG
46	P. KOSTRAD	20				SGS
	Trafo II / 30 MVA					
47	P. PATAL	20	175	112	287	LWG
48	P. NEW MINATEX	20	441	353	794	P. Khusus / LWG
49	P. SIDOBANGUN	20	923	9.065	9.988	P. Khusus/LWG/SGS
50	P. MOLINDO	20	864	2.425	3.289	LWG
	SUB JUMLAH VII		4.580	100.740	105.320	
VIII. GI. KARANG KATES						
	Trafo I / 20 MVA	70 / 20 KV				
51	P. KALIPARE	20	164	118.457	118.621	KPJ
52	P. OLAK ALEN	20	239	67.561	67.800	KPJ
53	P. SMBR PUCUNG	20	219	61.465	61.684	KPJ
	SUB JUMLAH VIII		622	247.483	248.105	
IX. GI. TUREN						
	Trafo I / 30 MVA	70 / 20 KV				
54	P. DAMPIT	20	155	88.640	88.795	GDL
55	P. BAKALAN	20	85	77.141	77.226	GDL / BLW
56	P. SMBR MANJING	20	200	186.392	186.592	GDL
57	P. BANTUR	20	165	118.331	118.496	GDL
58	P. PINDAD II	20	115	0	115	P. Khusus / GDL
59	P. WAJAK	20	0	0	0	BLLW
60	P. TIRTOYUDO	20	105	276.736	276.841	GDL
	Trafo II / 20 MVA	70 / 20 KV				
61	P. BOKOR	20	55	77.755	77.810	GDL / BLW / TMP
62	P. GONDANG LEGI	20	155	105.408	105.563	GDL
63	P. PINDAD I	20	115	0	115	P. Khusus / GDL
	SUB JUMLAH IX		1.150	930.403	931.553	
X. GI. SENGGURUH						
	Trafo I / 30 MVA	70 / 20 KV				
64	P. KEPANJEN	20	127	22.625	22.752	KPJ
65	P. PAGAK	20	124	98.100	98.224	KPJ
66	P. PROYEK	20	163	307	470	P. Khusus / KPJ
67	P. REJOYOSO	20				GDL
68	P. GUNUNG KAWI	20				KPJ
	SUB JUMLAH X		414	121.032	121.446	
XI. GI. SELOREJO						
	Trafo I / 6 MVA	70 / 20 KV				
69	P. NGANTANG	20	80	39.704	39.784	NGT
70	P. SIDODADI	20	60	15.836	15.896	NGT / Pemak. Proyek
	SUB JUMLAH XI		140	55.540	55.680	
TOTAL			24.355	2.638.577	2.662.931	



DATA BEBAN PENYULANG

BULAN : APRIL 2009

NO	GARDU INDUK MERK TRAFO PENYULANG	TEG	I Nom (Amp)	I Set (Amp)	BEBAN		PROSENTASE I NOM	
					SIANG	MALAM	SIANG	MALAM
I.	GI. KEBON AGUNG							
	Trafo IV / 60 MVA UNINDO	150 / 20 KV	1732	2000	545	844	31,5	48,7
1	P. KLAYATAN	20	436	320	117	186	26,8	42,7
2	P. GADANG	20	436	320	120	141	27,5	32,3
3	P. PAKISAJI	20	304	320	48	74	15,8	24,3
4	P. WAGIR	20	436	320	28	23	6,4	5,3
5	P. JANTI	20	436	320	81	124	18,6	28,4
6	P. BUMIAYU	20	436	400	50	86	11,5	19,7
7	P. KOL. SUGIONO	20	436	320	101	210	23,2	48,2
	Trafo V / 30 MVA TELK	150 / 20 KV	866	1.000	143	336	16,5	38,8
8	P. MATOS	20	436	320	18	70	4,1	16,1
9	P. KARANG DUREN	20	436	320	42	91	9,6	20,9
10	P. SITIREJO	20	385	320	83	175	21,6	45,5
	SUB JUMLAH I							
II.	GI. BLIMBING							
	Trafo I / 20 MVA UNINDO	70 / 20 KV	577	650	223	346	38,6	60,0
11	P. MOJOLANGU	20	304	300	117	162	38,5	53,3
12	P. SINGOSARI	20	304	300	94	162	30,9	53,3
13	P. PANDANWANGI	20	304	300	12	22	3,9	7,2
14	P. TELKOM	20	400	320	0	0	0,0	0,0
	Trafo II / 30 MVA PASTI	70 / 20 KV	866	1.000	365	536	42,1	61,9
15	P. MAWAR	20	304	300	136	200	44,7	65,8
16	P. ASAHAN	20	304	300	92	115	30,3	37,8
17	P. WENDIT	20	304	300	47	81	15,5	26,6
18	P. GLINTUNG	20	304	300	90	140	29,6	46,1
	Trafo III / 10 MVA TAKAOKA	70 / 20 KV	289	320	23	17	8,0	5,9
19	P. BENTOEL	20	400	300	23	17	5,8	4,3
	SUB JUMLAH II							
III.	GI. POLEHAN							
	Trafo I / 30 MVA UNINDO	70 / 20 KV	866	1000	323	503	37,3	58,1
20	P. PATIMURA	20	385	320	82	110	21,3	28,6
21	P. SAWOJAJAR	20	385	320	80	111	20,8	28,8
22	P. AGUS SALIM	20	385	320	71	90	18,4	23,4
23	P. JODIPAN	20	385	320	90	192	23,4	49,9
24	P. LOWOKWARU	20			0	0		
	Trafo II / 20 MVA TAKAOKA	70 / 20 KV	577	650	249	355	43,2	61,5
25	P. BUNUL	20	304	300	134	193	44,1	63,5
26	P. KD. KANDANG	20	304	300	28	42	9,2	13,8
27	P. ZAENAL ZAKSE	20	304	240	87	120	28,6	39,5
	SUB JUMLAH III							
IV.	GI. GAMPINGAN							
	Trafo I / 20MVA UNINDO	70 / 20 KV			105	120		
28	P. AYUWANGI	20	-	-	105	120	0,0	0,0
	SUB JUMLAH IV							
V.	GI. PAKIS							
	Trafo I / 30 MVA TELK	150 / 20 KV	866	1000	300	578	34,6	66,7
29	P. BANJAREJO	20	300	300	39	65	13,0	21,7
30	P. ASRIKATON	20	300	320	74	160	24,7	53,3
31	P. A.R. SALEH	20	300	300	28	36	9,3	12,0
32	P. SEKARPURO	20	300	300	91	130	30,3	43,3
33	P. TUMPANG	20	300	300	68	187	22,7	62,3
	SUB JUMLAH V							

DATA BEBAN PENYULANG

BULAN : APRIL 2009

NO	GARDU INDUK MERK TRAFO PENYULANG	TEG	I Nom (Amp)	I Set (Amp)	BEBAN		PROSENTASE I NOM	
					SIANG	MALAM	SIANG	MALAM
VI.	GI. SENGKALING							
	Trafo III / 30 MVA UNINDO	150 / 20 KV	866	1000	223	396	25,8	45,7
34	P. JUNREJO	20	393	300	30	48	7,6	12,2
35	P. PUJON	20	393	300	66	127	16,8	32,3
36	P. WASTRA INDAH	20	393	300	45	79	11,5	20,1
37	P. KARANG PLOSO	20	393	300	82	142	20,9	36,1
	Trafo IV / 30 MVA TELK	150 / 20 KV	866	1.000	412	652	47,6	75,3
38	P. BATU	20	393	320	78	111	19,8	28,2
39	P. DINOYO	20	393	320	125	183	31,8	46,6
40	P. SELECTA	20	393	300	73	158	18,6	40,2
41	P. TEGALGONDO	20	393	300	136	200	34,6	50,9
	SUB JUMLAH VI							
VII.	GI. LAWANG							
	Trafo I / 30 MVA HYUNDAI	150 / 20 KV	866	1000	328	516	37,9	59,6
42	P. BEDALI	20	304	300	60	71	19,7	23,4
43	P. SUMBER WUNI	20	304	300	27	41	8,9	13,5
44	P. NONGKOJAJAR	20	304	300	33	59	10,9	19,4
45	P. POLAMAN	20	385	300	112	172	29,1	44,7
46	P. KOSTRAD	20			96	173		
	Trafo II / 30 MVA ASEA		866	1.000	199	169	23,0	19,5
47	P. PATAL	20	304	300	39	41	12,8	13,5
48	P. NEW MINATEX	20	304	300	29	29	9,5	9,5
49	P. SIDOBANGUN	20	385	300	92	81	23,9	21,0
50	P. MOLINDO	20	304	300	39	18	12,8	5,9
	SUB JUMLAH VII							
VIII.	GI. KARANG KATES							
	Trafo I / 20 MVA TAKAOKA	70 / 20 KV	577	750	135	371	23,4	64,3
51	P. KALIPARE	20	304	300	45	141	14,8	46,4
52	P. OLAK ALEN	20	304	300	24	69	7,9	22,7
53	P. SMBR PUCUNG	20	304	300	66	161	21,7	53,0
	SUB JUMLAH VIII							
IX.	GI. TUREN							
	Trafo I / 30 MVA ALSTOM	70 / 20 KV	866	1000	251	675	29,0	77,9
54	P. DAMPIT	20	304	320	48	111	15,8	36,5
55	P. BAKALAN	20	304	320	9	13	3,0	4,3
56	P. SMBR MANJING	20	304	300	74	210	24,3	69,1
57	P. BANTUR	20	436	300	19	49	4,4	11,2
58	P. PINDAD II	20	225	320	11	11	4,9	4,9
59	P. WAJAK	20	304	300	30	79	9,9	26,0
60	P. TIRTOYUDO	20	304	300	60	202	19,7	66,4
	Trafo II / 20 MVA XIAN	70 / 20 KV	577	650	111	286	19,2	49,6
61	P. BOKOR	20	436	320	27	62	6,2	14,2
62	P. GONDANG LEGI	20	304	320	84	224	27,6	73,7
63	P. PINDAD I	20	304	100	0	0	0,0	0,0
	SUB JUMLAH IX							
X.	GI. SENGGURUH							
	Trafo I / 30 MVA TELK	70 / 20 KV	866	1000	176	427	20,3	49,3
64	P. KEPANJEN	20	300	320	65	125	21,7	41,7
65	P. PAGAK	20	300	320	33	104	11,0	34,7
66	P. PROYEK	20	300	320	2	2	0,7	0,7
67	P. GUNUNG KAWI	20	300	320	44	99	14,7	33,0
68	P. REJOYOSO	20	300	320	32	97	10,7	32,3
	SUB JUMLAH X							
XI.	GI. SELOREJO							
	Trafo I / 6 MVA PAUWELS	70 / 20 KV	173	1000	62	104	35,8	60,1
69	P. NGANTANG	20	304	200	34	70	11,2	23,0
70	P. SIDODADI	20	304	200	28	34	9,2	11,2
	SUB JUMLAH XI							
TOTAL								


LAPORAN BEBAN PUNCAK TRAFU DI GARDU INDUK
 BULAN ; APRIL 2009

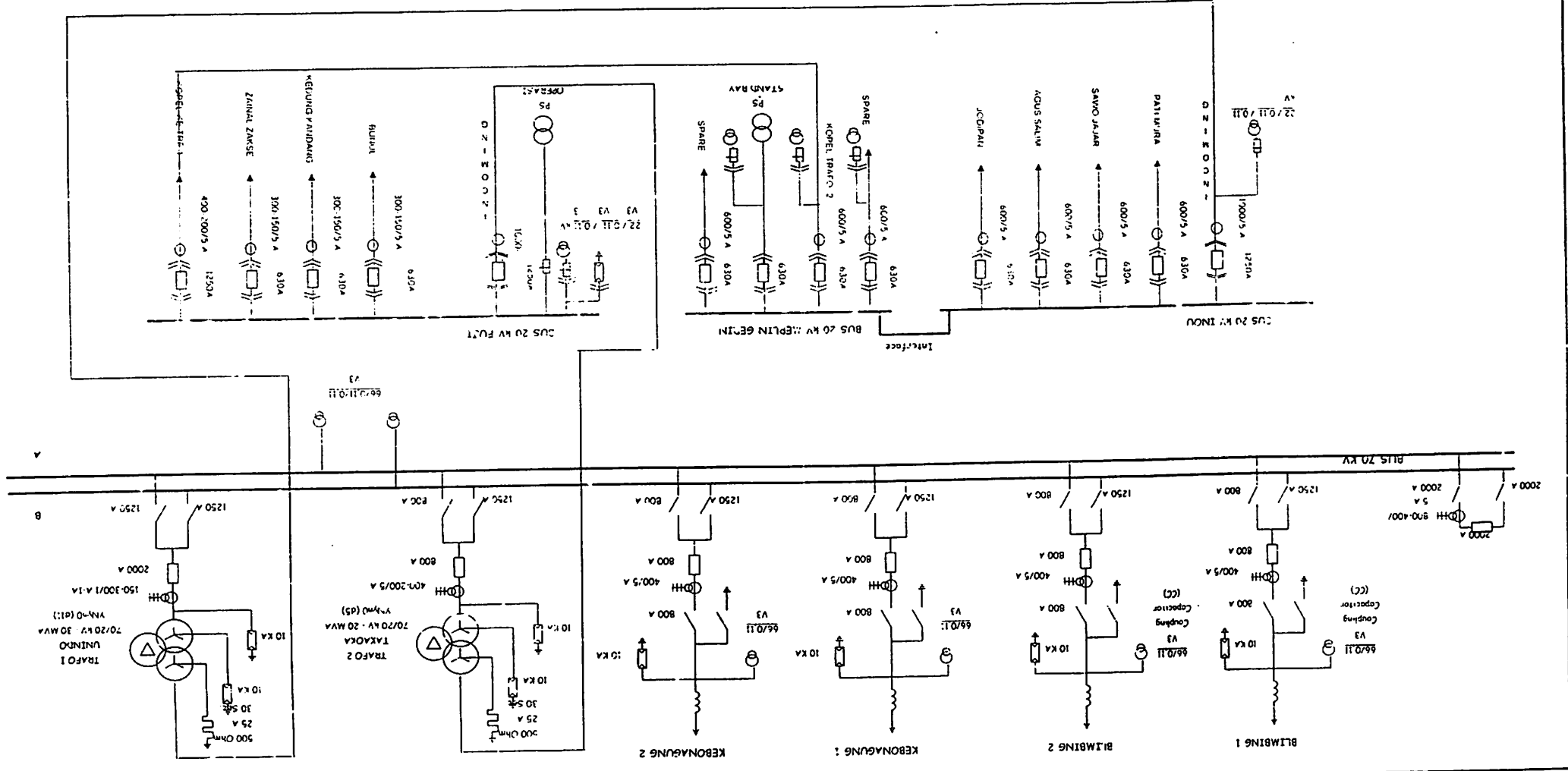
NO.	GARDU INDUK	TRAFO				ARUS NOM. (AMP)	OCR SETT.		BEBAN TERTINGGI						TEMPERATUR		JUMLAH OLTC	KETERANGAN	
		NO.	MERK	DAYA (MVA)	RATIO (kV)		A	kV	TGL.	JAM	AMP	MW	MVAR	I Nom %	OIL	WINDING			
																LV			HV
1	POLEHAN	I	UNINDO	30	70/20	866	1000	20	7	12	595	19,3	9,3	68,71	58	59		13	Operasi tgl. 31-07-1994
2	POLEHAN	II	TAKAOKA	20	70/20	577	800	20	14	18	390	12	5,4	67,59	52			8	Operasi tgl. 25-04-1997

LAPORAN BEBAN TRAFU > 80 % I NOMINAL GARDU INDUK
 BULAN ; APRIL 2009

NO.	GARDU INDUK	TRAFO				ARUS NOM. (AMP)	OCR SETT.		BEBAN TERTINGGI						TEMPERATUR		JUMLAH OLTC	KETERANGAN	
		NO.	MERK	DAYA (MVA)	RATIO (kV)		A	kV	TGL.	JAM	AMP	MW	MVAR	I Nom %	OIL	WINDING			
																LV			HV
1	POLEHAN	I	UNINDO	30	70/20	866	1000	20											Operasi tgl. 31-07-1994
2	POLEHAN	II	TAKAOKA	20	70/20	577	800	20											Operasi tgl. 25-04-1997

Supervisor Gardu Induk
 POLEHAN

 PT. PLN (PERSERO) PAB REGION JAWA TIMUR DAN BALI UPT MALANG	Dikeriksa : ASMAN OPHAR	Disetujui : MANAGER UPT	Digambar : JU Proti Meter & Sedat
	Tanggal : 01 Januari 2006	SINGLE LINE DIAGRAM GI. POLEHAN	



Fossil Fuel Technologies

- Internal-combustion engines
 - Diesel engines
 - Natural gas engines
- Micro-turbines
- Fuel cells
- Stirling engines

Commercial Status of DG/DER

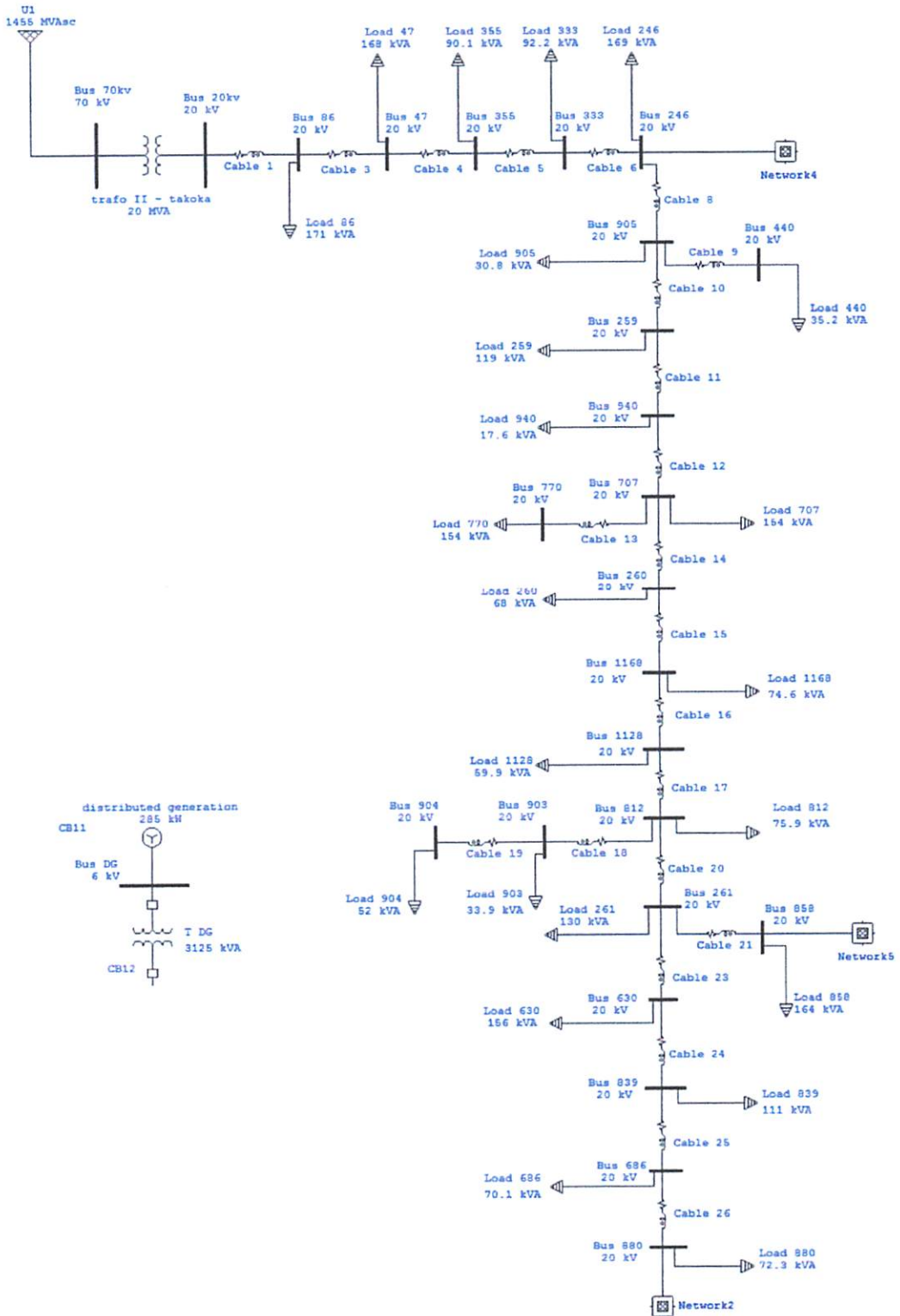
	IC Engines	Small Turbines	Micro-turbines	Fuel Cell
Commercial Availability	Well established	Well established	New industry	Well established
Size	50 kW-5 MW	1 MW – 50 MW	25 kW – 75 kW	1 kW – 200 kW
Installed Cost (\$/kW)	\$800 – \$1500	\$700 – \$900	\$500 – \$1300	\$3000
O&M Costs (cents/kWh)	0.7 – 1.5	0.2 – 0.8	0.2 – 1.0	0.3 – 1.5
Fuel Type	Diesel, propane, NG, oil & biogas	Propane, NG, distillate oil & biogas	Propane, NG, distillate & biogas	Hydrogen, biogas & propane
Typical Duty Cycles	baseload	Baseload, Intermed. peaking	Peaking Intermed. Baseload	Baseload

Benefits of Fossil-Fuel Based Distributed Generation

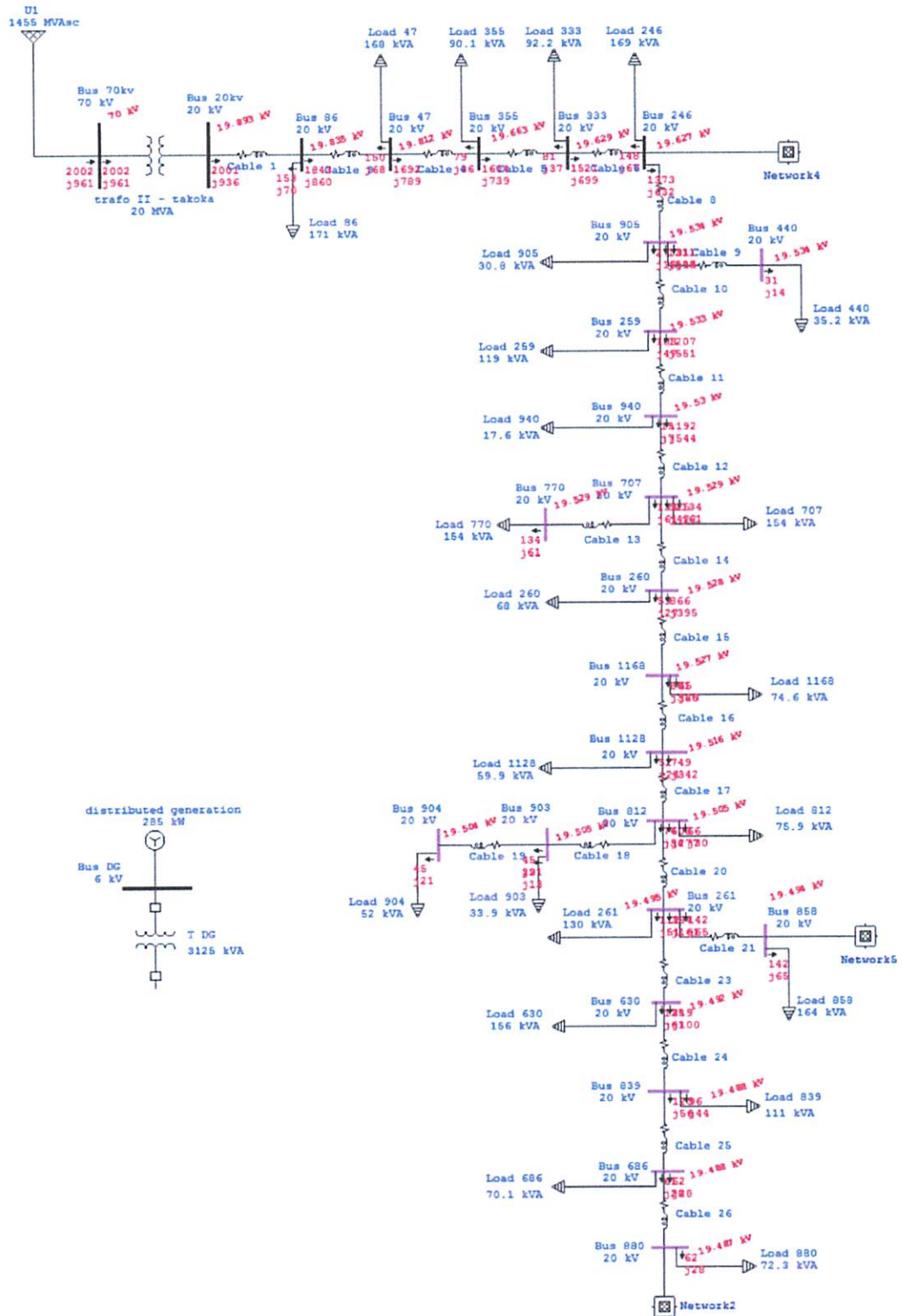
- Dispatchable
- Can be used for baseload or peaking
- Reliable
- Used on either side of meter
- Fuel easily available
- First to be deployed

Deployment Issues of Fossil-Fuel Based Distributed Generation

- Air and noise emissions (except fuel cell)
- Islanding
- Interconnection standards
- Reduced use of distribution system
- May need upgrading of fuel supply system (e.g gas pressure)



Gambar Single line diagram penyulang Kedung Kandang G.I Polehan



Gambar Load Flow Single line diagram penyulang Kedung Kandang G.I Polehan
Sebelum Penempatan DG

Project: ETAP PowerStation
Location: 4.0.0C
Contract:
Engineer:
Filename: kdkndang_cos091
Study Case: LF

Page: 1
Date: 01-26-2010
SN: KLGCONSULT
Revision: Base
Config.: Normal

Electrical Transient Analyzer Program

ETAP PowerStation

Load Flow Analysis

Loading Category: Design

Load Diversity Factor: None

	<u>Swing</u>	<u>Generator</u>	<u>Load</u>	<u>Total</u>
Number of Buses:	1	0	24	25

	<u>XFMR2</u>	<u>XFMR3</u>	<u>Reactor</u>	<u>Line/Cable</u>	<u>Impedance</u>	<u>Tie PD</u>	<u>Total</u>
Number of Branches:	1	0	0	23	0	0	24

Method of Solution: Newton-Raphson Method

Maximum No. of Iteration: 99

Precision of Solution: 0.000100

System Frequency: 50.00

Unit System: English

Project Filename: kdkndang_cos091

Output Filename: F:\Nasi\new project to final destination\ETAP-coba\Untitled.lfi

ETAP PowerStation

Project:
 Location:
 Contract:
 Engineer:
 Filename:
 Page: 2
 Date: 01-26-2010
 SN: KJGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

4.0.0C

Study Case: LF

kdandang_cos091

BUS Input Data

Bus ID	Bus Type	kV	Initial Voltage		Generator		Motor Load		Static Load		Mvar Limits	
			% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	Max.	Min.
Bus 20kv	Load	20.000	100.0	0.0					0.153	0.070		
Bus 47	Load	20.000	100.0	0.0								
Bus 70kv	Swing	70.000	100.0	0.0					0.156	0.071		
Bus 86	Load	20.000	100.0	0.0					0.154	0.070		
Bus 246	Load	20.000	100.0	0.0					0.108	0.049		
Bus 259	Load	20.000	100.0	0.0					0.062	0.028		
Bus 260	Load	20.000	100.0	0.0					0.118	0.054		
Bus 261	Load	20.000	100.0	0.0					0.084	0.038		
Bus 333	Load	20.000	100.0	0.0					0.082	0.037		
Bus 355	Load	20.000	100.0	0.0					0.032	0.015		
Bus 440	Load	20.000	100.0	0.0					0.142	0.065		
Bus 630	Load	20.000	100.0	0.0					0.064	0.029		
Bus 686	Load	20.000	100.0	0.0					0.140	0.064		
Bus 707	Load	20.000	100.0	0.0					0.140	0.064		
Bus 770	Load	20.000	100.0	0.0					0.069	0.031		
Bus 812	Load	20.000	100.0	0.0					0.101	0.046		
Bus 839	Load	20.000	100.0	0.0					0.149	0.068		
Bus 858	Load	20.000	100.0	0.0					0.066	0.030		
Bus 880	Load	20.000	100.0	0.0					0.031	0.014		
Bus 903	Load	20.000	100.0	0.0					0.047	0.022		
Bus 904	Load	20.000	100.0	0.0					0.028	0.013		
Bus 905	Load	20.000	100.0	0.0					0.016	0.007		
Bus 940	Load	20.000	100.0	0.0					0.055	0.025		
Bus 1128	Load	20.000	100.0	0.0					0.068	0.031		
Bus 1168	Load	20.000	100.0	0.0								
					0.000	0.000	0.000	0.000	2.064	0.941		

Total Number of Buses: 25

Project:
 Location:
 Contract:
 Engineer:
 Filename: kdkndang_cos091

ETAP PowerStation
 4.0.0C
 Study Case: LF

Page: 3
 Date: 01-26-2010
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

LINE / CABLE Input Data

Line/Cable		Ohms or Mohs / 1000 ft per Conductor (Cable) or per Phase (Line)						
ID	Library	Size	Length(ft)	#/Phase	T (°C)	R	X	Y
Cable 1	23MALN3	150	5100.4	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 3	23MALN3	150	2230.4	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 4	0MALN3	150	15488.2	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 5	0MALN3	150	3640.8	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 6	0MALN3	150	314.9	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 8	0MALN3	150	11821.1	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 9	0MALN3	150	275.5	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 10	0MALN3	150	183.7	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 11	0MALN3	150	301.8	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 12	0MALN3	150	203.4	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 13	0MALN3	150	249.3	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 14	0MALN3	150	242.7	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 15	0MALN3	150	203.4	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 16	0MALN3	150	2446.9	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 17	0MALN3	150	2450.2	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 18	0MALN3	150	1187.4	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 19	0MALN3	150	2729.0	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 20	0MALN3	150	2788.0	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 21	0MALN3	150	1272.6	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 23	0MALN3	150	1843.4	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 24	0MALN3	150	2604.3	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 25	0MALN3	150	846.2	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 26	0MALN3	150	898.7	1	75	0.065915	0.100762	

Line / Cable resistances are listed at the specified temperatures.

Project:
 Location:
 Contract:
 Engineer:
 Filename: kdkndang_cos091

ETAP PowerStation
 4.0.0C
 Study Case: LF

Page: 4
 Date: 01-26-2010
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

2-WINDING TRANSFORMER Input Data

Transformer ID	Rating					Z Variation			% Tap Setting		Adjusted	Phase Shift	
	MVA	Prim. kV	Sec. kV	% Z	X/R	+ 5%	- 5%	% Tol.	Prim.	Sec.	% Z	Type	Angle
1-takoka	20.000	70.000	20.000	10.100	18.6	0	0	0	0	0	10.1000	Std Pos. Seq.	0.0

ETAP PowerStation

Page: 5
 Date: 01-26-2010
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

4.0.0C

Study Case: LF

Project:
 Location:
 Contract:
 Engineer:
 Filename: kdkndang_cos091

BRANCH CONNECTIONS.

ID	CKT/Branch	Type	Connected Bus ID		% Impedance, Pos. Seq., 100 MVAb			
			From Bus	To Bus	R	X	Z	Y
trafs II - takoka	2W XFMR		Bus 706kV	Bus 20kv	2.71	50.43	50.50	
Cable 1	Cable		Bus 20kv	Bus 86	8.40	12.85	15.35	
Cable 3	Cable		Bus 86	Bus 47	3.68	5.62	6.71	
Cable 4	Cable		Bus 47	Bus 355	25.52	39.02	46.62	
Cable 5	Cable		Bus 355	Bus 333	6.00	9.17	10.96	
Cable 6	Cable		Bus 333	Bus 246	0.52	0.79	0.95	
Cable 8	Cable		Bus 246	Bus 905	19.48	29.78	35.58	
Cable 9	Cable		Bus 905	Bus 440	0.45	0.69	0.83	
Cable 10	Cable		Bus 905	Bus 259	0.30	0.46	0.55	
Cable 11	Cable		Bus 259	Bus 940	0.50	0.76	0.91	
Cable 12	Cable		Bus 940	Bus 707	0.34	0.51	0.61	
Cable 13	Cable		Bus 707	Bus 770	0.41	0.63	0.75	
Cable 14	Cable		Bus 707	Bus 260	0.40	0.61	0.73	
Cable 15	Cable		Bus 260	Bus 1168	0.34	0.51	0.61	
Cable 16	Cable		Bus 1168	Bus 1128	4.03	6.16	7.37	
Cable 17	Cable		Bus 1128	Bus 812	4.04	6.17	7.38	
Cable 18	Cable		Bus 812	Bus 903	1.96	2.99	3.57	
Cable 19	Cable		Bus 903	Bus 904	4.50	6.87	8.21	
Cable 20	Cable		Bus 812	Bus 261	4.59	7.02	8.39	
Cable 21	Cable		Bus 261	Bus 858	2.10	3.21	3.83	
Cable 23	Cable		Bus 261	Bus 630	3.04	4.64	5.55	
Cable 24	Cable		Bus 630	Bus 839	4.29	6.56	7.84	
Cable 25	Cable		Bus 839	Bus 686	1.39	2.13	2.55	
Cable 26	Cable		Bus 686	Bus 880	1.48	2.26	2.71	

Project:
Location:
Contract:
Engineer:
Filename: kdkndang_cos091

ETAP PowerStation
4.0.0C

Study Case: LF

Page: 6
Date: 01-26-2010
SN: KLGCONSULT
Revision: Base
Config.: Normal

EQUIPMENT CABLE Input Data

Equipment Cable		Equipment		ohms / 1000 ft per Conductor							O/L
ID	ID	Type	Library	Size	L(ft)	#/ph	T (°C)	R	X	Y	Heater R (ohm)

Project: **ETAP PowerStation**
 Location: **4.00C**
 Contract:
 Engineer:
 filename: **kctandeng_cos091**
 Study Case: **LF**

Page: **7**
 Date: **01-26-2010**
 SN: **KLGGCONSULT**
 Revision: **Base**
 Config.: **Normal**

LOAD FLOW REPORT

Bus ID	KV	Voltage		Generation		Motor Load		Static Load		ID	Load Flow			XFMR %Tap
		%Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar		MW	Mvar	Amp	
20kV	20,000	99.466	-0.6	0	0	0	0	0	0	Bus 86	2.00	0.94	64	90.6
47	20,000	99.059	-0.7	0	0	0	0	0.15	0.07	Bus 70kV Bus 86	-2.00	-0.94	64	90.6
70kV	70,000	100.000	0.0	2.00	0.96	0	0	0	0	Bus 335 Bus 20kV	1.69	0.79	54	90.6
86	20,000	99.176	-0.7	0	0	0	0	0.15	0.07	Bus 20kV Bus 47	2.00	0.96	18	90.2
246	20,000	98.133	-1.0	0	0	0	0	0.15	0.07	Bus 333 Bus 905	-2.00	-0.93	64	90.7
259	20,000	97.663	-1.2	0	0	0	0	0.10	0.05	Bus 47 Bus 905	1.84	0.86	59	90.6
260	20,000	97.639	-1.2	0	0	0	0	0.06	0.03	Bus 905 Bus 940	-1.52	-0.70	49	90.9
261	20,000	97.476	-1.3	0	0	0	0	0.11	0.05	Bus 707 Bus 1168	1.37	0.63	44	90.8
333	20,000	98.147	-1.0	0	0	0	0	0.08	0.04	Bus 812 Bus 858	-1.31	-0.60	42	91.0
335	20,000	98.314	-1.0	0	0	0	0	0.08	0.04	Bus 905 Bus 630	1.21	0.55	39	91.0
440	20,000	97.669	-1.2	0	0	0	0	0.03	0.01	Bus 707 Bus 246	-0.92	-0.42	30	91.0
630	20,000	97.438	-1.3	0	0	0	0	0.13	0.06	Bus 812 Bus 839	0.87	0.40	28	91.0
686	20,000	97.438	-1.3	0	0	0	0	0.06	0.03	Bus 839 Bus 880	-0.61	-0.28	19	91.0
707	20,000	97.643	-1.2	0	0	0	0	0.13	0.06	Bus 707 Bus 940	1.60	0.74	51	90.8
770	20,000	97.644	-1.2	0	0	0	0	0.13	0.06	Bus 47 Bus 333	-1.68	-0.78	54	90.8
812	20,000	97.525	-1.3	0	0	0	0	0.07	0.03	Bus 333 Bus 905	1.52	0.70	49	90.9
839	20,000	97.441	-1.3	0	0	0	0	0.10	0.04	Bus 335 Bus 246	1.37	0.63	44	90.8
858	20,000	97.471	-1.3	0	0	0	0	0.14	0.06	Bus 707 Bus 260	-0.92	-0.42	30	91.0
880	20,000	97.437	-1.3	0	0	0	0	0.06	0.03	Bus 770 Bus 260	0.13	0.06	4	91.0
903	20,000	97.523	-1.3	0	0	0	0	0.03	0.01	Bus 260 Bus 707	0.92	0.42	30	91.0
904	20,000	97.519	-1.3	0	0	0	0	0.05	0.02	Bus 1128 Bus 903	-0.13	-0.06	4	91.0
										Bus 261	-0.75	-0.34	24	91.0
										Bus 903	0.07	0.03	2	91.0
										Bus 261	0.61	0.28	19	91.0
										Bus 630	-0.22	-0.10	7	91.0
										Bus 686	0.12	0.06	4	91.0
										Bus 261	-0.14	-0.06	4	91.0
										Bus 686	-0.06	-0.03	2	91.0
										Bus 812	-0.07	-0.03	2	91.0
										Bus 904	0.05	0.02	1	91.0
										Bus 903	-0.05	-0.02	1	91.0

Project:
 Location:
 Contract:
 Engineer:
 Filename: kdkndang_cos091

ETAP PowerStation
 4.0.0C

 Study Case: LF

Page: 8
 Date: 01-26-2010
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

Bus ID	Voltage		Generation		Motor Load		Static Load		Load Flow				XFMR		
	kV	%Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	% Tap
105	20.000	97.670	-1.2	0	0	0	0	0.03	0.01	Bus 246	-1.37	-0.62	44	91.0	
										Bus 440	0.03	0.01	0	91.0	
										Bus 259	1.31	0.60	42	91.0	
140	20.000	97.652	-1.2	0	0	0	0	0.02	0.01	Bus 259	-1.21	-0.55	39	91.0	
										Bus 707	1.19	0.54	38	91.0	
1128	20.000	97.578	-1.3	0	0	0	0	0.05	0.02	Bus 1168	-0.80	-0.37	26	91.0	
										Bus 812	0.75	0.34	24	91.0	
1168	20.000	97.634	-1.2	0	0	0	0	0.06	0.03	Bus 260	-0.87	-0.40	28	91.0	
										Bus 1128	0.80	0.37	26	91.0	

Indicates a voltage regulated bus (voltage controlled or swing type machine connected to it)

Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

Project:
Location:
Contract:
Engineer:
Filename:

klcdang_cos091

ETAP PowerStation
4.0.0C
Study Case: LF

Page: 9
Date: 01-26-2010
SN: KJGCONSULT
Revision: Base
Config: Normal

BUS LOADING Summary Report

ID	kV	Rated Amp	Bus				Bus Total Load			
			MVA	Mvar	MW	PF	MVA	% PF	Amp	% Loading
Bus 20kv	20,000		2.001	0.936	2.209	90.6	64.10			
Bus 47	20,000		1.842	0.837	2.032	90.7	59.21			
Bus 70kv	70,000		2.002	0.961	2.221	90.2	18.32			
Bus 86	20,000		1.997	0.930	2.202	90.7	64.10			
Bus 246	20,000		1.521	0.699	1.674	90.9	49.23			
Bus 259	20,000		1.311	0.598	1.441	91.0	42.59			
Bus 260	20,000		0.925	0.422	1.016	91.0	30.05			
Bus 261	20,000		0.608	0.277	0.668	91.0	19.79			
Bus 333	20,000		1.602	0.736	1.763	90.9	51.85			
Bus 335	20,000		1.683	0.775	1.853	90.8	54.40			
Bus 440	20,000		0.031	0.014	0.034	91.0	0.99			
Bus 630	20,000		0.354	0.161	0.389	91.0	11.52			
Bus 686	20,000		0.123	0.056	0.135	91.0	4.01			
Bus 707	20,000		1.192	0.544	1.310	91.0	38.74			
Bus 770	20,000		0.134	0.061	0.147	91.0	4.34			
Bus 812	20,000		0.748	0.341	0.822	91.0	24.35			
Bus 839	20,000		0.219	0.100	0.241	91.0	7.13			
Bus 838	20,000		0.142	0.065	0.156	91.0	4.61			
Bus 880	20,000		0.062	0.028	0.069	91.0	2.03			
Bus 903	20,000		0.074	0.034	0.082	91.0	2.42			
Bus 904	20,000		0.045	0.021	0.049	91.0	1.46			
Bus 905	20,000		1.368	0.625	1.504	91.0	44.45			
Bus 940	20,000		1.207	0.551	1.327	91.0	39.23			
Bus 1128	20,000		0.801	0.365	0.880	91.0	26.03			
Bus 1168	20,000		0.866	0.395	0.952	91.0	28.14			

Project:
 Location:
 Contract:
 Engineer:
 Filename: kdkndang_cos091

ETAP PowerStation
 4.0.0C

 Study Case: LF

Page: 10
 Date: 01-26-2010
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

BRANCH LOADING Summary Report

CKT / Branch		Cable & Reactor			Transformer				
ID	Type	Ampacity (Amp)	Loading Amp	%	Capability (MVA)	Loading (input)		Loading (output)	
						MVA	%	MVA	%
trafo II - takoka	Transformer				20.000	2.221	11.1	2.209	11.0

* Indicates a branch with operating load exceeding the branch capability

ETAP PowerStation

Page: 11
 Date: 01-26-2010
 SN: KLAGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

4.0.0C

Study Case: LF

filename: kdkandang_cos091

BRANCH LOSSES Summary Report

CKT / Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd	
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	Kvar	From	To	in	Drop in Vmag
Cable 1	2.001	0.936	-1.997	-0.930	4.1	6.3	99.5	99.2	99.2	0.29
trafo II - takoka	-2.001	-0.936	2.002	0.961	1.3	24.9	99.5	100.0	100.0	0.53
Cable 3	-1.842	-0.857	1.843	0.860	1.5	2.4	99.1	99.2	99.2	0.12
Cable 4	1.692	0.789	-1.683	-0.775	9.1	13.9	99.1	98.3	98.3	0.75
Cable 6	-1.521	-0.699	1.521	0.699	0.2	0.2	98.1	98.1	98.1	0.01
Cable 8	1.373	0.632	-1.368	-0.625	4.6	7.1	98.1	97.7	97.7	0.46
Cable 10	-1.311	-0.598	1.311	0.598	0.1	0.1	97.7	97.7	97.7	0.01
Cable 11	1.207	0.551	-1.207	-0.551	0.1	0.1	97.7	97.7	97.7	0.01
Cable 14	-0.925	-0.422	0.925	0.422	0.0	0.1	97.6	97.6	97.6	0.01
Cable 15	0.866	0.395	-0.866	-0.395	0.0	0.0	97.6	97.6	97.6	0.01
Cable 20	-0.608	-0.277	0.608	0.277	0.2	0.3	97.5	97.5	97.5	0.05
Cable 21	0.142	0.065	-0.142	-0.065	0.0	0.0	97.5	97.5	97.5	0.01
Cable 23	0.354	0.161	-0.354	-0.161	0.0	0.1	97.5	97.5	97.5	0.02
Cable 5	-1.602	-0.736	1.604	0.739	1.9	3.0	98.1	98.3	98.3	0.17
Cable 9	-0.031	-0.014	0.031	0.014	0.0	0.0	97.7	97.7	97.7	0.00
Cable 24	0.219	0.100	-0.219	-0.100	0.0	0.0	97.5	97.4	97.4	0.02
Cable 25	-0.123	-0.056	0.123	0.056	0.0	0.0	97.4	97.4	97.4	0.00
Cable 26	0.062	0.028	-0.062	-0.028	0.0	0.0	97.4	97.4	97.4	0.00
Cable 12	-1.192	-0.544	1.192	0.544	0.1	0.1	97.6	97.7	97.7	0.01
Cable 13	0.134	0.061	-0.134	-0.061	0.0	0.0	97.6	97.6	97.6	0.00
Cable 17	-0.748	-0.341	0.749	0.342	0.3	0.4	97.5	97.6	97.6	0.05
Cable 18	0.074	0.034	-0.074	-0.034	0.0	0.0	97.5	97.5	97.5	0.00
Cable 19	0.045	0.021	-0.045	-0.021	0.0	0.0	97.5	97.5	97.5	0.00
Cable 16	-0.801	-0.365	0.801	0.366	0.3	0.5	97.6	97.6	97.6	0.06
					24.0	59.5				

Project:
Location:
Contract:
Engineer:
Filename: kdkndang_cos091

ETAP PowerStation
4.0.0C
Study Case: LF

Page: 12
Date: 01-26-2010
SN: KLGCONSULT
Revision: Base
Config.: Normal

EQUIPMENT CABLE LOSSES Summary Report

Equipment Cable ID	Connected Load Type	Losses		% Voltage		Vd % Drop in Vmag	Vst % for Motor
		kW	kvar	Bus	Load		

ETAP PowerStation

Page: 13
 Date: 01-26-2010
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

4.0.0C

Study Case: LF

Project: kltandang_cst091
 Location:
 Contract:
 Engineer:
 Filename:

Alert Summary Report

% Alert Settings
Critical **Marginal**

Loading

Bus
 Cable
 Reactor
 Generator
 Transformer
 Protective Device

Bus Voltage

OverVoltage 105.0 102.0
 UnderVoltage 95.0 98.0

Generator Excitation

OverExcited (Q Max.)
 UnderExcited (Q Min.)

Marginal Report

ID	Device Type	Rating	Unit	Calculated	%Mag.	Condition
Bus 1128	Bus	20,000	kV	19,516	97.6	UnderVoltage
Bus 1168	Bus	20,000	kV	19,527	97.6	UnderVoltage
Bus 259	Bus	20,000	kV	19,533	97.7	UnderVoltage
Bus 260	Bus	20,000	kV	19,528	97.6	UnderVoltage
Bus 261	Bus	20,000	kV	19,495	97.5	UnderVoltage
Bus 440	Bus	20,000	kV	19,534	97.7	UnderVoltage
Bus 630	Bus	20,000	kV	19,492	97.5	UnderVoltage
Bus 686	Bus	20,000	kV	19,488	97.4	UnderVoltage
Bus 707	Bus	20,000	kV	19,529	97.6	UnderVoltage
Bus 770	Bus	20,000	kV	19,529	97.6	UnderVoltage
Bus 812	Bus	20,000	kV	19,505	97.5	UnderVoltage
Bus 839	Bus	20,000	kV	19,488	97.4	UnderVoltage
Bus 858	Bus	20,000	kV	19,494	97.5	UnderVoltage
Bus 880	Bus	20,000	kV	19,487	97.4	UnderVoltage
Bus 903	Bus	20,000	kV	19,505	97.5	UnderVoltage
Bus 904	Bus	20,000	kV	19,504	97.5	UnderVoltage
Bus 905	Bus	20,000	kV	19,534	97.7	UnderVoltage
Bus 940	Bus	20,000	kV	19,530	97.7	UnderVoltage

Project:
Location:
Contract:
Engineer:
Filename: kdkndang_cos091

ETAP PowerStation
4.0.0C

Study Case: LF

Page: 14
Date: 01-26-2010
SN: KLGCONSULT
Revision: Base
Config.: Normal

SUMMARY OF TOTAL GENERATION, LOADING & DEMAND

	<u>MW</u>	<u>Mvar</u>	<u>MVA</u>	<u>% PF</u>
Swing Bus(es):	2.002	0.961	2.221	90.16 Lagging
Generators:	0.000	0.000	0.000	100.00 Lagging
Total Demand:	2.002	0.961	2.221	90.16 Lagging
Total Motor Load:	0.000	0.000	0.000	100.00 Lagging
Total Static Load:	1.978	0.901		
Apparent Losses:	0.024	0.060		
System Mismatch:	0.000	0.000		

Number of Iterations: 3

- Generator Sets
- Generator Ends
- Engines
- Marine Engines
- Marine Transmissions
- Power Units
- Parts
- Transfer Switches

[« Back To Inventory](#)

Caterpillar 3406DIT 285 KW Diesel Generator Set



Picture may not represent actual unit



Low Hours Since New

Engine Brand: Caterpillar
Engine Model: 3406DIT
KW: 285
Engine Serial#: 90U09842

Manufacturer:

Brand: Caterpillar Model: 3406DIT,

Engine:

Arrangement # 6N4997, Heat Exchanged, 24 Volt Electric Starter, Dry Type Air Cleaner, Hydromechanical Governor, 305HP @ 1800RPM,

Generator:

Brand: Caterpillar, Model: 500DF4656AA, Serial No.: DH-95946-3, 285 kW, 356.25 kVA, 277/480 Volt, 429 amps, 60 Cycles/Hz, 1800 RPM, Three Phase, 0.8 pf, 105 Temp Rise, Stand By Rating, 500 Frame Size,

Additional Information:

41 Hours Since New
 Painting - Pending. Load Tested - Pending.

Dimensions (LxWxH inches):
 132x38x61.

Notes: Engine has dry exhaust manifold
 All weights & dimensions are estimates.
 Depco ID: Item-09688.

For Sale at:
\$24,500.00

First Name Last Name Email Company Name Phone How did you hear about us?
Please Select OneQuestion / Comment [REQUEST MORE INFORMATION](#)

or

[REQUEST TO BUY NOW!](#)

or

[REQUEST A SHIPPING QUOTE](#)

Inventory Search

Search our inventory by any detail e.g. kW, brand model or serial number.

BROADCROWN



DETROIT DIESEL

GENERAC



KOHLER

SIMPLX

Not finding what you need?

In addition to the in-house items listed above, we also have the ability to source specific equipment based on your unique power need through our international network of partners. Send us your requirements, or call us at 1-800-72-DEPCO or +1-713-675-6100. Depco representative will be happy to assist you in finding the equipment you need.

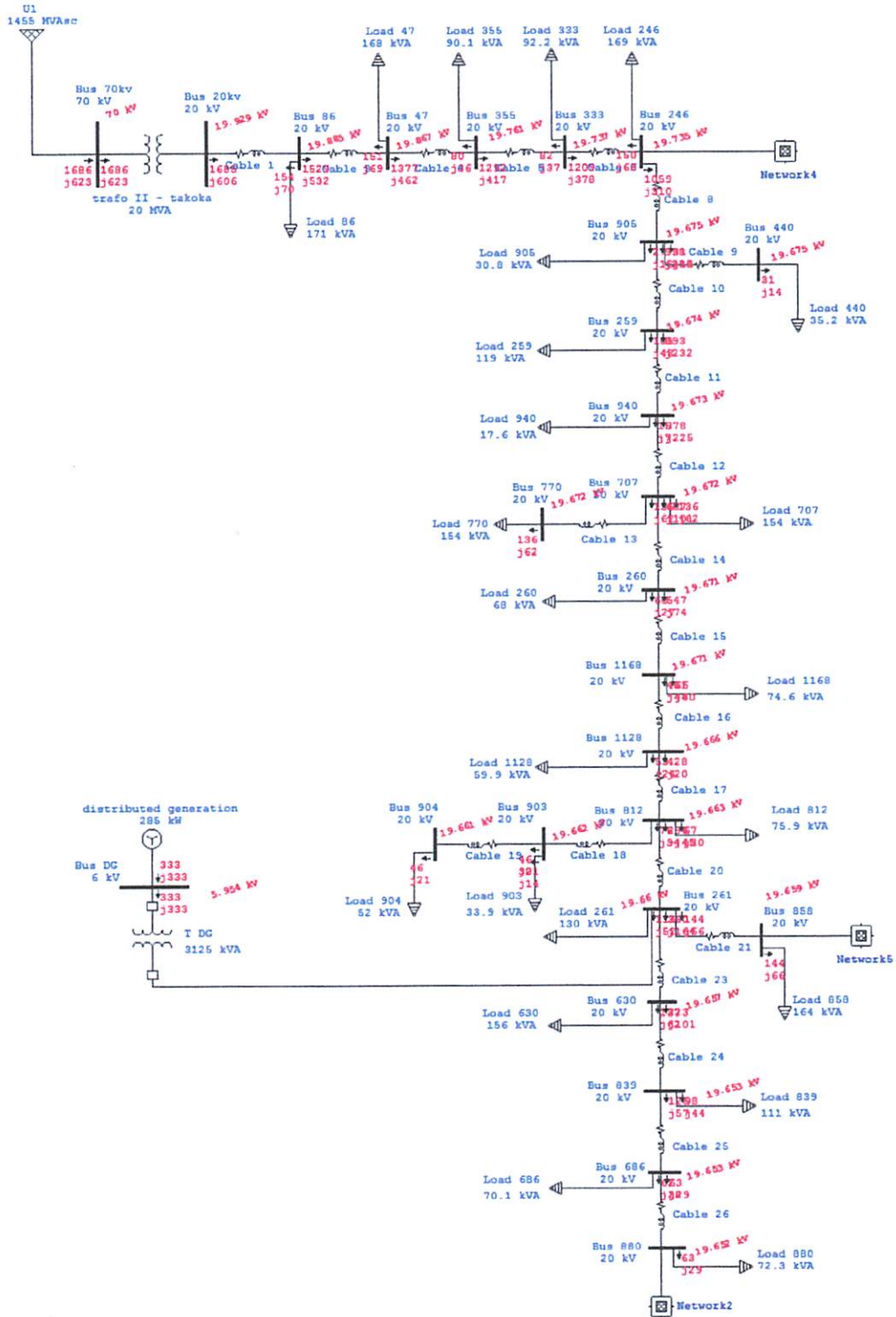
Also, stay connected by bookmarking this page. Check back soon, as our inventory changes daily, or sign up for one of our two Depco Updates options:

- **Email Updates** - For monthly featured inventory listings, special offers, news, and contests
- **RSS Feeds** - For up-to-the-minute equipment updates on the inventory categories you choose as it comes in our shop.

Need Help Removing Your Old Equipment?

We're happy to help. We have the experience to efficiently manage removals of any size. Contact a Depco representative for more information.

Please note: All online inventory is kept as up to date as possible; however pricing and availability are subject to change. Please contact Depco representative for final pricing and additional information.



Gambar Load Flow Single line diagram penyulang Kedung Kandang G.I Polehan
Setelah Pemasangan DG

Project: ETAP PowerStation
Location: 4.0.0C
Contract:
Engineer:
Filename: kdkndang_cos091
Study Case: LF

Page: 1
Date: 02-13-2010
SN: KLGCONSULT
Revision: Base
Config.: Normal

Electrical Transient Analyzer Program

ETAP PowerStation

Load Flow Analysis

Loading Category: Design

Load Diversity Factor: None

	<u>Swing</u>	<u>Generator</u>	<u>Load</u>	<u>Total</u>
Number of Buses:	1	0	25	26

	<u>XFMR2</u>	<u>XFMR3</u>	<u>Reactor</u>	<u>Line/Cable</u>	<u>Impedance</u>	<u>Tie PD</u>	<u>Total</u>
Number of Branches:	2	0	0	23	0	0	25

Method of Solution: Newton-Raphson Method

Maximum No. of Iteration: 99

Precision of Solution: 0.000100

System Frequency: 50.00

Unit System: English

Project Filename: kdkndang_cos091

Output Filename: F:\Nasi\new project to final destination\ETAP-coba\Untitled.lfl

Project:
 Location:
 Contract:
 Engineer:
 Filename: kdkndang_cos091

ETAP PowerStation
 4.0.0C
 Study Case: LF

Page: 3
 Date: 02-13-2010
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

LINE / CABLE Input Data

Line/Cable		Ohms or Mohs / 1000 ft per Conductor (Cable) or per Phase (Line)						
ID	Library	Size	Length(ft)	#/Phase	T (°C)	R	X	Y
Cable 1	23MALN3	150	5100.4	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 3	23MALN3	150	2230.4	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 4	0MALN3	150	15488.2	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 5	0MALN3	150	3640.8	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 6	0MALN3	150	314.9	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 8	0MALN3	150	11821.1	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 9	0MALN3	150	275.5	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 10	0MALN3	150	183.7	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 11	0MALN3	150	301.8	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 12	0MALN3	150	203.4	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 13	0MALN3	150	249.3	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 14	0MALN3	150	242.7	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 15	0MALN3	150	203.4	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 16	0MALN3	150	2446.9	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 17	0MALN3	150	2450.2	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 18	0MALN3	150	1187.4	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 19	0MALN3	150	2729.0	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 20	0MALN3	150	2788.0	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 21	0MALN3	150	1272.6	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 23	0MALN3	150	1843.4	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 24	0MALN3	150	2604.3	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 25	0MALN3	150	846.2	1	75	0.065915	0.100762	
Cable 26	0MALN3	150	898.7	1	75	0.065915	0.100762	

Line / Cable resistances are listed at the specified temperatures.

Project:
 Location:
 Contract:
 Engineer:
 Filename: kdkndang_cos091

ETAP PowerStation
 4.0.0C
 Study Case: LF

Page: 4
 Date: 02-13-2010
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

2-WINDING TRANSFORMER Input Data

Transformer ID	Rating					Z Variation			% Tap Setting		Adjusted	Phase Shift	
	MVA	Prim. kV	Sec. kV	% Z	X/R	+ 5%	- 5%	% Tol.	Prim.	Sec.	% Z	Type	Angle
	3.125	6.000	20.000	6.500	11.4	0	0	0	11.000	11.000	6.5000	Std Pos. Seq.	0.0
I - takoka	20.000	70.000	20.000	10.100	18.6	0	0	0	0	0	10.1000	Std Pos. Seq.	0.0

ETAP PowerStation

Page: 5
 Date: 02-13-2010
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

4.0.0C

Study Case: LF

Project:
 Location:
 Contract:
 Engineer:
 Filename: kdkandang_cos091

BRANCH CONNECTIONS

ID	CKT/Branch	Type	Connected Bus ID		% Impedance, Pos. Seq., 100 MVAb			
			From Bus	To Bus	R	X	Z	Y
T DG	2W XFMR	2W XFMR	Bus DG	Bus 261	22.37	255.30	256.28	
trafo II - tsokta	2W XFMR	2W XFMR	Bus 70kv	Bus 20kv	2.71	50.43	50.50	
Cable 1	Cable	Cable	Bus 20kv	Bus 86	8.40	12.85	15.35	
Cable 3	Cable	Cable	Bus 86	Bus 47	3.68	5.62	6.71	
Cable 4	Cable	Cable	Bus 47	Bus 355	25.52	39.02	46.62	
Cable 5	Cable	Cable	Bus 355	Bus 333	6.00	9.17	10.96	
Cable 6	Cable	Cable	Bus 333	Bus 246	0.52	0.79	0.95	
Cable 8	Cable	Cable	Bus 246	Bus 905	19.48	29.78	35.58	
Cable 9	Cable	Cable	Bus 905	Bus 440	0.45	0.69	0.83	
Cable 10	Cable	Cable	Bus 905	Bus 259	0.30	0.46	0.55	
Cable 11	Cable	Cable	Bus 259	Bus 940	0.50	0.76	0.91	
Cable 12	Cable	Cable	Bus 940	Bus 707	0.34	0.51	0.61	
Cable 13	Cable	Cable	Bus 707	Bus 770	0.41	0.63	0.75	
Cable 14	Cable	Cable	Bus 707	Bus 260	0.40	0.61	0.73	
Cable 15	Cable	Cable	Bus 260	Bus 1168	0.34	0.51	0.61	
Cable 16	Cable	Cable	Bus 1168	Bus 1128	4.03	6.16	7.37	
Cable 17	Cable	Cable	Bus 1128	Bus 812	4.04	6.17	7.38	
Cable 18	Cable	Cable	Bus 812	Bus 903	1.96	2.99	3.57	
Cable 19	Cable	Cable	Bus 903	Bus 904	4.50	6.87	8.21	
Cable 20	Cable	Cable	Bus 904	Bus 261	4.59	7.02	8.39	
Cable 21	Cable	Cable	Bus 261	Bus 858	2.10	3.21	3.83	
Cable 23	Cable	Cable	Bus 261	Bus 630	3.04	4.64	5.55	
Cable 24	Cable	Cable	Bus 630	Bus 839	4.29	6.56	7.84	
Cable 25	Cable	Cable	Bus 839	Bus 686	1.39	2.13	2.55	
Cable 26	Cable	Cable	Bus 686	Bus 880	1.48	2.26	2.71	

Project:
Location:
Contract:
Engineer:
Filename: kdkndang_cos091

ETAP PowerStation
4.0.0C
Study Case: LF

Page: 6
Date: 02-13-2010
SN: KLGCONSULT
Revision: Base
Config.: Normal

EQUIPMENT CABLE Input Data

Equipment Cable		Equipment		ohms / 1000 ft per Conductor							O/L
ID	ID	Type	Library	Size	L(ft)	#/ph	T(°C)	R	X	Y	Heater R (ohm)

LOAD FLOW REPORT

Bus ID	kV	Voltage		Generation		Motor Load		Static Load		ID	Load Flow			XFMR %T _{sp}
		%Mag	Ang	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar		MW	Mvar	Amp	
20kV	20,000	99.644	-0.5	0	0	0	0	0	0	Bus 86	1.69	0.61	51	94.1
47	20,000	99.337	-0.6	0	0	0	0	0.15	0.07	Bus 70kV Bus 86	-1.69	-0.61	51	94.1
70kV	70,000	100.000	0.0	1.69	0.62	0	0	0	0	Bus 20kV Bus 355	-1.53	-0.53	47	94.5
86	20,000	99.424	-0.6	0	0	0	0	0.15	0.07	Bus 20kV Bus 47	1.38	0.46	42	94.8
246	20,000	98.676	-0.9	0	0	0	0	0.15	0.07	Bus 333 Bus 905	-1.21	-0.38	37	95.4
259	20,000	98.370	-1.1	0	0	0	0	0.10	0.05	Bus 905 Bus 905	1.06	0.31	32	96.0
260	20,000	98.356	-1.1	0	0	0	0	0.06	0.03	Bus 940 Bus 707	-1.00	-0.28	30	96.3
261	20,000	98.302	-1.1	0	0	0	0	0.11	0.05	Bus 1168 Bus 812	0.89	0.23	27	96.8
333	20,000	98.686	-0.9	0	0	0	0	0.08	0.04	Bus 812 Bus 858	-0.61	-0.10	18	98.6
355	20,000	98.803	-0.9	0	0	0	0	0.08	0.04	Bus 1168 Bus 246	0.55	0.07	16	99.1
440	20,000	98.374	-1.1	0	0	0	0	0.03	0.01	Bus 812 Bus 858	-0.29	0.05	8	98.8
630	20,000	98.284	-1.1	0	0	0	0	0.14	0.06	Bus 858 Bus 630	0.14	0.07	4	91.0
686	20,000	98.264	-1.1	0	0	0	0	0.06	0.03	Bus DG Bus 47	0.36	0.16	11	91.0
707	20,000	98.359	-1.1	0	0	0	0	0.14	0.06	Bus 47 Bus 333	-0.33	-0.33	13	71.3
770	20,000	98.358	-1.1	0	0	0	0	0.14	0.06	Bus 333 Bus 905	1.29	0.42	39	95.2
812	20,000	98.313	-1.1	0	0	0	0	0.07	0.03	Bus 905 Bus 261	-1.21	-0.38	37	95.4
839	20,000	98.267	-1.1	0	0	0	0	0.10	0.04	Bus 261 Bus 839	-1.37	-0.45	42	94.9
858	20,000	98.297	-1.1	0	0	0	0	0.14	0.07	Bus 839 Bus 880	0.22	0.10	7	91.0
880	20,000	98.262	-1.1	0	0	0	0	0.06	0.03	Bus 880 Bus 260	-0.13	-0.06	4	91.0
903	20,000	98.310	-1.1	0	0	0	0	0.03	0.01	Bus 260 Bus 770	1.29	0.42	39	95.2
904	20,000	98.310	-1.1	0	0	0	0	0.03	0.01	Bus 770 Bus 260	-0.33	-0.33	13	71.3

ETAP PowerStation

Project:
 Location:
 Contract:
 Engineer:
 Filename: kdkndang_cos091

4.0.0C

Study Case: LF

Page: 8
 Date: 02-13-2010
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

Bus		Voltage		Generation		Motor Load		Static Load		Load Flow				XFMR	
ID	kV	%Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	% Tap
904	20.000	98.307	-1.1	0	0	0	0	0.05	0.02	Bus 903	-0.05	-0.02	1	91.0	
905	20.000	98.374	-1.1	0	0	0	0	0.03	0.01	Bus 246	-1.06	-0.31	32	96.1	
										Bus 440	0.03	0.01	0	91.0	
										Bus 259	1.00	0.28	30	96.3	
940	20.000	98.363	-1.1	0	0	0	0	0.02	0.01	Bus 259	-0.89	-0.23	27	96.8	
										Bus 707	0.88	0.22	26	96.9	
1128	20.000	98.331	-1.1	0	0	0	0	0.05	0.02	Bus 1168	-0.48	-0.04	14	99.6	
										Bus 812	0.43	0.02	12	99.9	
1168	20.000	98.354	-1.1	0	0	0	0	0.07	0.03	Bus 260	-0.55	-0.07	16	99.1	
										Bus 1128	0.48	0.04	14	99.6	
DG	6.000	99.231	-0.7	0.33	0.33	0	0	0	0	Bus 261	0.33	0.33	45	70.7	11.000

Indicates a voltage regulated bus (voltage controlled or swing type machine connected to it)

Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

Project:
Location:
Contract:
Engineer:
Filename:

kelndang_cos91

ETAP PowerStation
4.0.0C
Study Case: LF

Page: 9
Date: 02-13-2010
SN: KLGOCONSULT
Revision: Base
Config: Normal

BUS LOADING Summary Report

ID	Bus	kV	Rated Amp	MW	Mvar	Bus Total Load		
						MVA	% PF	Amp
								% Loading
Bus 20kv		20,000		1.685	0.606	1.791	94.1	51.89
Bus 47		20,000		1.528	0.531	1.617	94.5	47.00
Bus 70kv		70,000		1.686	0.623	1.798	93.8	14.83
Bus 96		20,000		1.683	0.602	1.787	94.2	51.89
Bus 246		20,000		1.209	0.378	1.266	95.4	37.05
Bus 239		20,000		0.998	0.279	1.037	96.3	30.42
Bus 260		20,000		0.607	0.101	0.615	98.6	18.05
Bus 261		20,000		0.618	0.327	0.700	88.4	20.55
Bus 333		20,000		1.290	0.415	1.356	95.2	39.65
Bus 355		20,000		1.372	0.454	1.445	94.9	42.21
Bus 440		20,000		0.031	0.014	0.034	91.0	1.00
Bus 630		20,000		0.360	0.164	0.395	91.0	11.61
Bus 686		20,000		0.125	0.057	0.137	91.0	4.04
Bus 707		20,000		0.878	0.225	0.906	96.9	26.60
Bus 770		20,000		0.136	0.062	0.149	91.0	4.37
Bus 812		20,000		0.428	0.065	0.433	98.9	12.72
Bus 839		20,000		0.223	0.101	0.245	91.0	7.19
Bus 858		20,000		0.144	0.066	0.158	91.0	4.65
Bus 880		20,000		0.063	0.029	0.070	91.0	2.05
Bus 903		20,000		0.076	0.034	0.083	91.0	2.44
Bus 904		20,000		0.046	0.021	0.050	91.0	1.48
Bus 905		20,000		1.056	0.306	1.100	96.1	32.27
Bus 940		20,000		0.893	0.232	0.923	96.8	27.09
Bus 1128		20,000		0.481	0.044	0.483	99.6	14.18
Bus 1168		20,000		0.547	0.074	0.552	99.1	16.20
Bus DG		6,000		0.333	0.333	0.471	70.7	45.67

Project:
 Location:
 Contract:
 Engineer:
 Filename: kdkndang_cos091

ETAP PowerStation
 4.0.0C
 Study Case: LF

Page: 10
 Date: 02-13-2010
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

BRANCH LOADING Summary Report

CKT / Branch		Cable & Reactor			Transformer				
ID	Type	Ampacity (Amp)	Loading Amp	%	Capacity (MVA)	Loading (input)		Loading (output)	
						MVA	%	MVA	%
T DG	Transformer				3.125	0.471	15.1	0.467	14.9
trafo II - takoka	Transformer				20.000	1.798	9.0	1.791	9.0

* Indicates a branch with operating load exceeding the branch capability

BRANCH LOSSES Summary Report

CKT / Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop In Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	Kvar	From	To	
Cable 1	1.685	0.606	-1.683	-0.602	2.7	4.2	99.6	99.4	0.22
trnfo II - nbkoka	-1.685	-0.606	1.686	0.623	0.9	16.3	99.6	100.0	0.36
Cable 3	-1.528	-0.531	1.529	0.532	1.0	1.5	99.3	99.4	0.09
Cable 4	1.377	0.462	-1.372	-0.454	5.5	8.3	99.3	98.8	0.53
Cable 6	-1.209	-0.378	1.209	0.378	0.1	0.1	98.7	98.7	0.01
Cable 8	1.059	0.310	-1.056	-0.306	2.4	3.7	98.7	98.4	0.30
Cable 10	-0.998	-0.279	0.998	0.280	0.0	0.1	98.4	98.4	0.00
Cable 11	0.893	0.232	-0.893	-0.232	0.0	0.1	98.4	98.4	0.01
Cable 14	-0.607	-0.101	0.607	0.101	0.0	0.0	98.4	98.4	0.00
Cable 15	0.547	0.074	-0.547	-0.074	0.0	0.0	98.4	98.4	0.00
Cable 20	-0.286	0.045	0.286	-0.045	0.0	0.1	98.3	98.3	0.01
Cable 21	0.144	0.066	-0.144	-0.066	0.0	0.0	98.3	98.3	0.01
Cable 23	0.360	0.164	-0.360	-0.164	0.0	0.1	98.3	98.3	0.02
T DG	-0.332	-0.327	0.333	0.333	0.5	5.8	98.3	99.2	0.93
Cable 5	-1.290	-0.415	1.292	0.417	1.1	1.7	98.7	98.8	0.12
Cable 9	-0.031	-0.014	0.031	0.014	0.0	0.0	98.4	98.4	0.00
Cable 24	0.223	0.101	-0.223	-0.101	0.0	0.0	98.3	98.3	0.02
Cable 25	-0.125	-0.057	0.125	0.057	0.0	0.0	98.3	98.3	0.00
Cable 26	0.063	0.029	-0.063	-0.029	0.0	0.0	98.3	98.3	0.00
Cable 12	-0.878	-0.225	0.878	0.225	0.0	0.0	98.4	98.4	0.00
Cable 13	0.136	0.062	-0.136	-0.062	0.0	0.0	98.4	98.4	0.00
Cable 17	-0.428	-0.020	0.428	0.020	0.1	0.1	98.3	98.3	0.02
Cable 18	0.076	0.034	-0.076	-0.034	0.0	0.0	98.3	98.3	0.00
Cable 19	0.046	0.021	-0.046	-0.021	0.0	0.0	98.3	98.3	0.00
Cable 16	-0.481	-0.044	0.481	0.044	0.1	0.1	98.3	98.4	0.02
					14.6	42.3			

Project:
Location:
Contract:
Engineer:
Filename: kdkndang_cos091

ETAP PowerStation
4.0.0C

Study Case: LF

Page: 12
Date: 02-13-2010
SN: KLGCONSULT
Revision: Base
Config.: Normal

EQUIPMENT CABLE LOSSES Summary Report

Equipment Cable ID	Connected Load Type	Losses		% Voltage		Vd % Drop in Vmag	Vst % for Motor
		kW	kvar	Bus	Load		

Project:
Location:
Contract:
Engineer:
Filename: kdkndang_cos091

ETAP PowerStation
4.0.0C
Study Case: LF

Page: 13
Date: 02-13-2010
SN: KLGCONSULT
Revision: Base
Config.: Normal

Alert Summary Report

% Alert Settings

	<u>Critical</u>	<u>Marginal</u>
<u>Loading</u>		
Bus		
Cable		
Reactor		
Generator		
Transformer		
Protective Device		
<u>Bus Voltage</u>		
OverVoltage	105.0	102.0
UnderVoltage	95.0	98.0
<u>Generator Excitation</u>		
OverExcited (Q Max.)		
UnderExcited (Q Min.)		

Report

ID	Device Type	Rating	Unit	Calculated	%Mag.	Condition
-----------	--------------------	---------------	-------------	-------------------	--------------	------------------

Project:
Location:
Contract:
Engineer:
Filename: kdkndang_cos091

ETAP PowerStation
4.0.0C

Study Case: LF

Page: 14
Date: 02-13-2010
SN: KLGCONSULT
Revision: Base
Config.: Normal

SUMMARY OF TOTAL GENERATION, LOADING & DEMAND

	<u>MW</u>	<u>Mvar</u>	<u>MVA</u>	<u>% PF</u>
Swing Bus(es):	1.686	0.623	1.798	93.81 Lagging
Generators:	0.333	0.333	0.471	70.71 Lagging
Total Demand:	2.019	0.956	2.234	90.39 Lagging
Total Motor Load:	0.000	0.000	0.000	100.00 Lagging
Total Static Load:	2.005	0.913		
Apparent Losses:	0.015	0.042		
System Mismatch:	0.000	0.000		

Number of Iterations: 3

LISTING PROGRAM

```
#dikodekanP#
function Pin = dekodekanP(Kromosom, jumlahbit, batasbawah, batasatas)
Pin=0;
for j=1:jumlahbit
    Pin=Pin+Kromosom(j)*2^(-j);
end
Pin=batasbawah + (batasatas-batasbawah)*Pin;

#dikodekanQ#
function Qin = dekodekanQ(Kromosom, jumlahbit, batasbawah, batasatas)
Qin=0;
for j=1:jumlahbit
    Qin=Qin+Kromosom(j)*2^(-j);
end
Qin=batasbawah + (batasatas-batasbawah)*Qin;

#inisial#
function populasi=inisial(UkPop, nBus)
populasi=zeros(UkPop, nBus);
for k=1:UkPop
    titik=fix(random('unif', 1, nBus+1, 1, 1));
    populasi(k, titik)=1;
end

#inisialP#
function PopP=inisialP(UkPop, nGen)
for k=1:UkPop
    for g=1:nGen
        a=rand;
        if (a<0.5)
            PopP(k, g)=0;
        else
            PopP(k, g)=1;
        end
    end
end

#inisialQ#
function PopQ=inisialQ(UkPop, nGen)
for k=1:UkPop
    for g=1:nGen
        a=rand;
        if (a<0.5)
            PopQ(k, g)=0;
        else
            PopQ(k, g)=1;
        end
    end
end

#DG-ku#

clc;
clear all;

nBus=25;                %banyaknya Bus
UkPop=50;               %Ukuran populasi
MaxGen=100;            %maksimum generasi
Psilang=0.9;           %Peluang Pindah Silang
Pmut=0.05;             %Peluang Mutasi Lokasi
nGen=30;               %Banyak gen dalam 1 kromosom
Bf=20;                 %Batas atas figure
AP=2;                  %Batas maksimum P dalam MW
BP=0.0000001;         %Batas minimum P dalam MW
AQ=2;                  %Batas maksimum P dalam MVAR
BQ=0.0000001;         %Batas minimum Q dalam MVAR

disp('Tekan angka 1 untuk kapasitas DG sebagai inputan');
disp('Tekan sembarang angka untuk nilai kapasitas ditentukan oleh program');
pilih=input('pilihan Anda : ');
if pilih==1
    Pin=input('Masukkan nilai kapasitas daya aktif P (dalam MW) : ');
    Qin=input('Masukkan nilai kapasitas daya reaktif Q (dalam MVAR) : ');
end
```


%Inisialisasi Grafis

```
hfig=figure;
hold on
title('OPTIMASI PENEMPATAN DG MENGGUNAKAN GA');
set(hfig, 'Position', [250,200,600,400]);
set(hfig, 'DoubleBuffer', 'on');
axis([1 MaxGen 0 Bf]);
hbestplot = plot(1:MaxGen, zeros(1,MaxGen), '*');
htext1 = text(0.05*MaxGen,0.45*Bf+1,sprintf('Fitness Terbaik : %7.4f',
0.0),'FontWeight','bold');
htext2 = text(0.05*MaxGen,0.40*Bf+1,sprintf('Lokasi : '), 'FontWeight','bold');
htext21 = text(0.15*MaxGen,0.40*Bf+1,sprintf('%5.4f', 0.0), 'FontWeight','bold');
htext3 = text(0.05*MaxGen,0.35*Bf+1,sprintf('kapasitas : '), 'FontWeight','bold');
htext31 = text(0.20*MaxGen,0.35*Bf+1,sprintf('%5.4f', 0.0), 'FontWeight','bold');
htext41 = text(0.20*MaxGen,0.30*Bf+1,sprintf('%5.4f', 0.0), 'FontWeight','bold');
xlabel('Generasi');
ylabel('Fitness Terbaik');
hold off
drawnow;
```

%Inisialisasi Populasi

```
populasi=inisial(UkPop,nBus);
if pilih~=1
    popQ=inisialQ(UkPop,nGen);
    popP=inisialP(UkPop,nGen);
end
terFit=zeros(1,MaxGen);
```

%Looping iterasi

```
for Generasi=1:MaxGen
    x=populasi(1,:);
    if pilih~=1
        Pin=dekodekanP(popP(1,:),nGen,BP,AP);
        Qin=dekodekanQ(popQ(1,:),nGen,BQ,AQ);
    end
    [Fitness(1),V,nonpu,dayasemu]=fungsi(x,Pin,Qin);
    Vter=V;
    Pter=nonpu;
    Qter=dayasemu;
    Piin=Pin;
    Qiin=Qin;
    Best=x;
    MaxF=Fitness(1);
    MinF=Fitness(1);
    IndeksIndividuTerbaik = 1;
    for ii=2:UkPop
        x=populasi(ii,:);
        if pilih~=1
            Pin=dekodekanP(popP(ii,:),nGen,BP,AP);
            Qin=dekodekanQ(popQ(ii,:),nGen,BQ,AQ);
        end
        [Fitness(ii),V,nonpu,dayasemu]=fungsi(x,Pin,Qin);
        if (Fitness(ii) > MaxF),
            MaxF= Fitness(ii);
            IndeksIndividuTerbaik=ii;
            Best=x;
            Vter=V;
            Pter=nonpu;
            Qter=dayasemu;
            Piin=Pin;
            Qiin=Qin;
        end
        if (Fitness(ii) < MinF),
            MinF = Fitness(ii);
        end
    end
end
```

%Penyimpanan nilai fiteness terbaik

```
if max(terFit)<MaxF
    terFit(1,Generasi)=MaxF;
    lok=find(Best==1);
    VBus=Vter;
    PBus=Pter;
    QBus=Qter;
    KapP=Piin;
    KapQ=Qiin;
else
```

```

    terFit(1,Generasi)=terFit(1,Generasi-1);
end;

%Elitisme
TemPopulasi = populasi;
if pilih~=1
    TemP = popP;
    TemQ = popQ;
end
if mod (UkPop, 2) ==0
    IterasiMulai = 3;
    TemPopulasi(1,:) = populasi(IndeksIndividuTerbaik,:);
    TemPopulasi(2,:) = populasi(IndeksIndividuTerbaik,:);
    if pilih~=1
        TemP(1,:) = popP(IndeksIndividuTerbaik,:);
        TemP(2,:) = popP(IndeksIndividuTerbaik,:);
        TemQ(1,:) = popQ(IndeksIndividuTerbaik,:);
        TemQ(2,:) = popQ(IndeksIndividuTerbaik,:);
    end
else
    IterasiMulai = 2;
    TemPopulasi(1,:) = populasi(IndeksIndividuTerbaik,:);
    if pilih~=1
        TemP(1,:) = popP(IndeksIndividuTerbaik,:);
        TemQ(1,:) = popQ(IndeksIndividuTerbaik,:);
    end
end

%Linear Fitness Ranking
LinearFitness = LinearFitnessRangking(UkPop,Fitness,MaxF,MinF);

for jj=IterasiMulai:2:UkPop,
    IP1 = RouletteWheel(UkPop,LinearFitness);
    IP2 = RouletteWheel(UkPop,LinearFitness);
    if (rand < Psilang),
        TP = 1+fix(rand*(nBus-1));
        Anak = PindahSilang(populasi(IP1,:),populasi(IP2,:),nBus,TP);
        if pilih~=1
            AnakP = PSP(popP(IP1,:),popP(IP2,:),nGen);
            AnakQ = PSQ(popQ(IP1,:),popQ(IP2,:),nGen);
        end;
        TemPopulasi(jj,:) = Anak(1,:);
        TemPopulasi(jj+1,:) = Anak(2,:);
        if pilih~=1
            TemP(jj,:) = AnakP(1,:);
            TemP(jj+1,:) = AnakP(2,:);
            TemQ(jj,:) = AnakQ(1,:);
            TemQ(jj+1,:) = AnakQ(2,:);
        end
    else
        TemPopulasi(jj,:) = populasi(IP1,:);
        TemPopulasi(jj+1,:) = populasi(IP2,:);
        if pilih~=1
            TemP(jj,:) = popP(IP1,:);
            TemP(jj+1,:) = popP(IP2,:);
            TemQ(jj,:) = popQ(IP1,:);
            TemQ(jj+1,:) = popQ(IP2,:);
        end
    end
end
end

%Mutasi
for kk=IterasiMulai:UkPop
    TemPopulasi(kk,:)=Mutasi(TemPopulasi(kk,:),Pmut,nBus);
    if pilih~=1
        TemP(kk,:)=MutasiP(TemP(kk,:),nGen,Pmut);
        TemQ(kk,:)=MutasiQ(TemQ(kk,:),nGen,Pmut);
    end
end
populasi=TemPopulasi;
if pilih~=1
    popP=TemP;
    popQ=TemQ;
end
end
end

```

```

%Penanganan grafis 2D
grid on;
set(htext1,'String',sprintf('Fitness Terbaik : %7.4f', terFit(MaxGen)));
set(htext21,'String',sprintf('%5g', lok));
set(htext31,'String',sprintf('%7.4f kW', Piin*1000));
set(htext41,'String',sprintf('%7.4f KVAR', Qiin*1000));
plotvector = get(hbestplot,'YData');
for i=1:MaxGen
    plotvector(i) = terFit(i);
    set(hbestplot,'YData',plotvector);
    drawnow;
end

fprintf('\n');
disp('HASIL OPTIMASI PENEMPATAN DG MENGGUNAKAN GA');
fprintf('Pada Bus no. : '),fprintf('%g',lok);
fprintf('\n');
fprintf('Nilai Fitness : '),fprintf('%7.4f',terFit(MaxGen));
fprintf('\n');
fprintf('Kapasitas P : '),fprintf('%7.4f kW',Piin*1000);
fprintf('\n');
fprintf('          Q : '),fprintf('%7.4f kW',Qiin*1000);
fprintf('\n');
disp('-----');
disp('| Bus |      V      | Daya Nyata | Daya Semu |');
disp('| No |      (pu)   |      (MW)  |      (MVAR) |');
disp('-----');
for m = 1:nBus
    fprintf('|'), fprintf('%4g', m),fprintf(' |'), ...
    fprintf('%8.4f', VBus(m)),fprintf(' |'), ...
    fprintf(' %8.4f', PBus(m)), fprintf(' |'), ...
    fprintf(' %8.4f', QBus(m)),fprintf(' |'),fprintf('\n');
end
disp('-----');

#fungsi#

function [Fitness,V,nonpu,dayaR]= fungsi(xx,Pin,Qin)
Ploss=0.0023;
Qloss=0.0034;
linedata =load('line.txt');
fb = linedata(:,1);
tb = linedata(:,2);
r = linedata(:,3);
x = linedata(:,4);
b = linedata(:,5);
a = linedata(:,6);
z = r + i*x;
y = 1./z;
b = i*b;

nbus = max(max(fb),max(tb));
nbranch = length(fb);
ybus = zeros(nbus,nbus);

for k = 1:nbranch
    ybus(fb(k),tb(k)) = ybus(fb(k),tb(k))-y(k)/a(k);
    ybus(tb(k),fb(k)) = ybus(fb(k),tb(k));
end

for m = 1:nbus
    for n = 1:nbranch
        if fb(n) == m
            ybus(m,m) = ybus(m,m) + y(n)/(a(n)^2) + b(n);
        elseif tb(n) == m
            ybus(m,m) = ybus(m,m) + y(n) + b(n);
        end
    end
end

Y = ybus;

busdata =load('databus.txt');

```

```

baseMVA = 20;
bus = busdata(:,1);
type = busdata(:,2);
V = busdata(:,3);
del = busdata(:,4);
Pg = busdata(:,5);
Qg = busdata(:,6);
Pl = busdata(:,7);
Ql = busdata(:,8);
Qmin = busdata(:,9);
Qmax = busdata(:,10);
nbus = max(bus);
for ii=1:nbus
    if xx(ii)==1;
        posisi=ii;
        break;
    end
end
Pl(posisi,1)=Pl(posisi,1)-Pin;
Ql(posisi,1)=Ql(posisi,1)-Qin;

P = Pg - Pl;
Q = Qg - Ql;
P = P/baseMVA;
Q = Q/baseMVA;
Qmin = Qmin/baseMVA;
Qmax = Qmax/baseMVA;
Tol = 10;
Iter = 1;
Psp = P;
Qsp = Q;
G = real(Y);
B = imag(Y) ;

pv = find(type == 2 | type == 1);
pq = find(type == 3);

npv = length(pv);
npq = length(pq);

while (Tol > 1e-5)
    P = zeros(nbus,1);
    Q = zeros(nbus,1);

    for ii = 1:nbus
        for k = 1:nbus
            P(ii,1) = P(ii,1) + V(ii)* V(k)*(G(ii,k)*cos(del(ii)-del(k)) +
B(ii,k)*sin(del(ii)-del(k)));
            Q(ii,1) = Q(ii,1) + V(ii)* V(k)*(G(ii,k)*sin(del(ii)-del(k)) -
B(ii,k)*cos(del(ii)-del(k)));
        end
    end

    if Iter <= 7 && Iter >= 2
        for n = 2:nbus
            if type(n) == 2
                if Q(n) < Qmin(n)
                    V(n) = V(n) + 0.01;
                elseif Q(n) > Qmax(n)
                    V(n) = V(n) - 0.01;
                end
            end
        end
    end

    dPa = Psp-P;
    dQa = Qsp-Q;
    dQ = zeros(npq,1);
    k = 1;
    for ii = 1:nbus
        if type(ii) == 3
            dQ(k,1) = dQa(ii);
            k = k+1;
        end
    end
end

```

```

dP = dPa(2:nbus);
M = [dP; dQ];
MaxM=max(M);
mim=max(MaxM);

J1 = zeros(nbus-1,nbus-1);
for ii = 1:(nbus-1)
    m = ii+1;
    for k = 1:(nbus-1)
        n = k+1;
        if n == m
            for q = 1:nbus
                J1(ii,k) = J1(ii,k) + V(m) * V(q) * (-G(m,q) * sin(del(m)-del(q)) +
B(m,q) * cos(del(m)-del(q)));
            end
            J1(ii,k) = J1(ii,k) - V(m)^2 * B(m,m);
        else
            J1(ii,k) = V(m) * V(n) * (G(m,n) * sin(del(m)-del(n)) - B(m,n) * cos(del(m)-del(n)));
        end
    end
end

J2 = zeros(nbus-1,npq);
for ii = 1:(nbus-1)
    m = ii+1;
    for k = 1:npq
        n = pq(k);
        if n == m
            for q = 1:nbus
                J2(ii,k) = J2(ii,k) + V(q) * (G(m,q) * cos(del(m)-del(q)) + B(m,q) * sin(del(m)-
del(q)));
            end
            J2(ii,k) = J2(ii,k) + V(m) * G(m,m);
        else
            J2(ii,k) = V(m) * (G(m,n) * cos(del(m)-del(n)) + B(m,n) * sin(del(m)-del(n)));
        end
    end
end

J3 = zeros(npq,nbus-1);
for ii = 1:npq
    m = pq(ii);
    for k = 1:(nbus-1)
        n = k+1;
        if n == m
            for q = 1:nbus
                J3(ii,k) = J3(ii,k) + V(m) * V(q) * (G(m,q) * cos(del(m)-del(q)) +
B(m,q) * sin(del(m)-del(q)));
            end
            J3(ii,k) = J3(ii,k) - V(m)^2 * G(m,m);
        else
            J3(ii,k) = V(m) * V(n) * (-G(m,n) * cos(del(m)-del(n)) - B(m,n) * sin(del(m)-
del(n)));
        end
    end
end

J4 = zeros(npq,npq);
for ii = 1:npq
    m = pq(ii);
    for k = 1:npq
        n = pq(k);
        if n == m
            for q = 1:nbus
                J4(ii,k) = J4(ii,k) + V(q) * (G(m,q) * sin(del(m)-del(q)) - B(m,q) * cos(del(m)-
del(q)));
            end
            J4(ii,k) = J4(ii,k) - V(m) * B(m,m);
        else
            J4(ii,k) = V(m) * (G(m,n) * sin(del(m)-del(n)) - B(m,n) * cos(del(m)-del(n)));
        end
    end
end

J = [J1 J2; J3 J4];

X = inv(J) * M;

```



```

dTh = X(1:nbus-1);
dV = X(nbus:end);
del(2:nbus) = dTh + del(2:nbus);
k = 1;
for ii = 2:nbus
    if type(ii) == 3
        V(ii) = dV(k) + V(ii);
        k = k+1;
    end
end
Iter = Iter + 1;
Tol = max(abs(M));
end

Iter = Iter - 1;
nonpu=abs(100*P);
nonpu(1)=abs(100*Psp(1));
dayaR=abs(100*Q);
dayaR(1)=abs(100*Qsp(1));
Del = 180/pi*del;
E1 = [V Del];
V(3:4)=V(2);
V(6:7)=V(5);
jumdaya=0;
jumdayasemu=0;
for c=2:nbus
    jumdaya=jumdaya+(baseMVA*P(c));
    jumdayasemu=jumdayasemu+(baseMVA*Q(c));
end
dayahilang=baseMVA*P(1)+jumdaya;
dayasemuhilang=baseMVA*Q(1)+jumdayasemu;

Vs=1;
for ii=1:nbus
    if (V(ii)>=0.98)&(V(ii)<=1.05)
        Vs=Vs*1;
    else
        Vs=Vs*exp(-0.1*abs(1-V(ii))-0.05);
    end;
end;

FV=0;
for ii=1:nbus
    FV=FV+V(ii)*100-busdata(ii,3)*100;
end
FP=Ploss-dayahilang;
FQ=Qloss-dayasemuhilang;
SAP=0;
SRP=0;
AVP=0;
for ii=1:nbus
    SAP=SAP+abs(Pg(ii) - Pl(ii));
    SRP=SRP+abs(Qg(ii) - Ql(ii));
    AVP=AVP+busdata(ii,3)*100;
end
AVP=AVP/nbus;
k2=700/SAP;
k3=200/SRP;
k1=100/AVP;

Fitness=k1*max(0,1/nbus*FV)+k2*max(0,FP)+k3*max(0,FQ);
if Vs<1
    Fitness=1;
end

#mutasi#

function mut = Mutasi(Kromosom,Pmut,nBus)
titik=fix(rand*nBus)+1;
if rand < Pmut
    Kromosom=zeros(1,nBus);
    Kromosom(1,titik)=1;
end
mut=Kromosom;

```

```
#mutasiP#
```

```
function MutKrom = MutasiP(Kromosom, JumlahGen, Probmutasi)
MutKrom = Kromosom;
for i = 1:JumlahGen
    if (rand < Probmutasi)
        if Kromosom(i) == 0
            MutKrom(i) = 1;
        else
            MutKrom(i) = 0;
        end
    end
end
end
#mutasiQ#
```

```
function MutKrom = MutasiQ(Kromosom, JumlahGen, Probmutasi)
MutKrom = Kromosom;
for i = 1:JumlahGen
    if (rand < Probmutasi)
        if Kromosom(i) == 0
            MutKrom(i) = 1;
        else
            MutKrom(i) = 0;
        end
    end
end
end
#pindahsilang#
```

```
function Anak = PindahSilang(Bapak, Ibu, nBus, TP)
Anak(1,:) = zeros(1, nBus);
ttk1=fix(rand*nBus)+1;
Anak(1,ttk1)=1;
ttk2=fix(rand*nBus)+1;
Anak(2,:) = zeros(1, nBus);
Anak(2,ttk2)=1;
```

```
#pindahsilangP#
```

```
function AnakP = PSP(Papa, Mama, JumlahGen)
TP = 1 + fix(rand*(JumlahGen-1));
AnakP(1,:) = [Papa(1:TP) Mama(TP+1:JumlahGen)];
AnakP(2,:) = [Mama(1:TP) Papa(TP+1:JumlahGen)];
```

```
#pindahsilangQ#
```

```
function AnakQ = PSQ(Papa, Mama, JumlahGen)
TP = 1 + fix(rand*(JumlahGen-1));
AnakQ(1,:) = [Papa(1:TP) Mama(TP+1:JumlahGen)];
AnakQ(2,:) = [Mama(1:TP) Papa(TP+1:JumlahGen)];
```

```
#roulettewhell#
```

```
function Pindex=RouletteWheel(nInd, LinearFitness);
JumFitness=sum(LinearFitness);
if JumFitness==0
    JumFitness=1;
    Pindex=5;
else
    KumulatifFitness=0;
    RN=rand;
    ii=1;
    while ii<=nInd,
        KumulatifFitness=KumulatifFitness+LinearFitness(ii);
        if (KumulatifFitness/JumFitness)>RN,
            Pindex=ii;
            break;
        end
        ii=ii+1;
    end
end
end
```