



TUGAS AKHIR - EE 184801

***UNIT COMMITMENT DENGAN MEMPERTIMBANGKAN SECURITY  
CONSTRAINED MENGGUNAKAN METODE QUANTUM GENETIC  
ALGORITHM***

Yogi Agung Susanto  
NRP 0711164000085

Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. Ni Ketut Aryani, MT.  
Dr. Dimas Fajar Uman P, ST. MT.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - EE 184801**

***UNIT COMMITMENT DENGAN MEMPERTIMBANGKAN  
SECURITY CONSTRAINED MENGGUNAKAN QUANTUM  
GENETIC ALGORITHM***

Yogi Agung Susanto  
NRP 07111540000116

Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. Ni Ketut Aryani, MT.  
Dr. Dimas Fajar Uman P, ST. MT.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020





**TUGAS AKHIR - EE 184801**

***UNIT COMMITMENT DENGAN MEMPERTIMBANGKAN  
SECURITY CONSTRAINED MENGGUNAKAN QUANTUM  
GENETIC ALGORITHM***

Yogi Agung Susanto  
NRP 07111540000116

Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. Ni Ketut Aryani, MT.  
Dr. Dimas Fajar Uman P, ST. MT.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020



## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi Sebagian maupun keseluruhan Tugas akhir saya dengan judul “*Unit Commitment Dengan Mempertimbangkan Security Constrained menggunakan Quantum Genetic Algorithm*” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 16 Juli 2020



Yogi Agung Susanto

NRP. 07111640000085

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



**UNIT COMMITMENT DENGAN  
MEMPERTIMBANGKAN SECURITY CONSTRAINED  
MENGUNAKAN QUANTUM GENETIC  
ALGORITHM**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Sebagai Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan  
Departemen Teknik Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

**Menyetujui :**

Dosen Pembimbing I



**Dr. Ir. Ni Ketut Aryani, MT.**

**NIP. 196509011991032002**

**SURABAYA  
JULI 2020**

***UNIT COMMITMENT DENGAN  
MEMPERTIMBANGKAN SECURITY CONSTRAINED  
MENGUNAKAN QUANTUM GENETIC  
ALGORITHM***

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Sebagai Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan  
Departemen Teknik Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

**Menyetujui :**

Dosen Pembimbing II



Dr. Dimas Fajar Uman P, S.T., M.T.

NIP. 198811082012121001

**SURABAYA  
JULI 2020**

# **UNIT COMMITMENT DENGAN MEMPERTIMBANGKAN SECURITY CONSTRAINED MENGGUNAKAN QUANTUM GENETIC ALGORITHM**

Nama : Yogi Agung Susanto  
NRP : 07111640000085  
Dosen Pembimbing I : Dr. Ir. Ni Ketut Aryani, MT.  
NIP : 196509011991032002  
Dosen Pembimbing II : Dr. Dimas Fajar Uman P, ST. MT.  
NIP : 198811082012121001

## **ABSTRAK**

*Unit Commitment* (UC) merupakan penjadwalan operasional unit pembangkit listrik untuk memenuhi kebutuhan daya listrik pada rentang waktu tertentu dengan tujuan untuk memperoleh total biaya pembangkitan yang ekonomis. Jumlah daya yang dibangkitkan setiap saat berubah sesuai dengan kebutuhan beban (sesuai kurva beban harian). Penjadwalan pembangkit sehingga mendapatkan jumlah pembangkitan daya yang optimal digunakan studi *Unit Commitment*. Dalam studi ini terdapat batasan-batasan yang harus diperhatikan yaitu *power balance*, *spinning reserve*, *ramp rate* dan *minimum up and down time*. Untuk mendapatkan penjadwalan pembangkit yang optimum dan memenuhi batasan yang dibutuhkan, ada beberapa metoda yang bisa digunakan, salah satunya dengan perhitungan algoritma *artificial intelligence*.

Pada tugas akhir ini dilakukan studi *unit commitment* dengan mempertimbangkan *security constrained* dan *rugi-rugi daya pada jaringan* menggunakan metode *Quantum Genetic Algorithm* (QGA). Studi ini dilakukan untuk perubahan beban selama 24 jam. Hasil yang didapat dengan metode QGA dibandingkan dengan perhitungan menggunakan metode Genetic Algorithm (GA) menunjukkan bahwa metode QGA cukup akurat digunakan untuk perhitungan optimasi pembangkit.

**Kata Kunci** : *Unit Commitment*, *Ramp Rate*, *Minimum Up Time Down Time*, *Pernjadwalan Pembangkitan*, *Quantum Genetic Algorithm*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# ***UNIT COMMITMENT DENGAN MEMPERTIMBANGKAN SECURITY CONSTRAINED MENGGUNAKAN QUANTUM GENETIC ALGORITHM***

Nama : Yogi Agung Susanto  
NRP : 07111640000085  
Dosen Pembimbing I : Dr. Ir. Ni Ketut Aryani, MT.  
NIP : 196509011991032002  
Dosen Pembimbing II : Dr. Dimas Fajar Uman P, ST. MT.  
NIP : 198811082012121001

## **ABSCTRACT**

Unit Commitment (UC) is the operational scheduling of a power plant unit to meet the needs of electric power in a certain time frame with the aim of obtaining an economical total generation cost. The amount of power generated at any time changes according to load requirements (according to the daily load curve). Generator scheduling so that the optimal amount of power generation is used by the Unit Commitment study. In this study there are limitations that must be considered, namely power balance, reverse spinning, ramp rate and minimum up and down time. To get optimum generator scheduling and meet the required limits, there are several methods that can be used, one of them is by calculating the artificial intelligence algorithm.

In this final project a unit commitment study is conducted by considering security constrained and power losses in the network using the Quantum Genetic Algorithm (QGA) method. This study was conducted for load changes for 24 hours. The results obtained by the QGA method compared to calculations using the Genetic Algorithm (GA) method show that the QGA method is quite accurate to be used for the calculation of plant optimization.

**Kata Kunci** : Unit Commitment, Ramp Rate, Minimum Up Time Down Time, Scheduling of Generations, Quantum Genetic Algorithm

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala Rahmat, Karunia, dan Petunjuk yang telah dilimpahkan-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir dengan judul ***“Unit Commitment Dengan Mempertimbangkan Security Constrained menggunakan Quantum Genetic Algorithm”***.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan jenjang pendidikan S1 pada Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Atas selesainya penyusunan tugas akhir ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas limpahan Rahmat, Karunia, dan Petunjuk-Nya sehingga penulis diberi kelancaran serta keselamatan selama proses pembuatan tugas akhir ini.
2. Ibu, Ayah, dan segenap keluarga yang selalu mendoakan, mendukung dan memberikan semangat.
3. Kakek dan Nenek yang tidak pernah berhenti berdoa untuk cucu-cucu nya.
4. Dr. Ir. Ni Ketut Aryani, MT dan Dr. Dimas Fajar Uman Putra, ST. MT. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bantuan dan bimbingan selama pengerjaan tugas akhir ini.
5. Rodia Amanata Rofiq yang selalu memberikan semangat, dukungan untuk selalu fokus dalam mengerjakan, dan menjadi teman makan, dan teman bermain.
6. Teman – Teman MSDM Pejuang TA (Dicky, Ismail, Fatsal, Ifa ) yang selalu memberi dukungan.
7. Keluarga Kos Hiau Ungu dan Grup minus (-) yang telah menemani dari semester 3 sampai semester 8 ini. Terimakasih atas berbagai pengalaman, canda, dan tawa kalian

8. Rekan-rekan e56 yang telah berjuang bersama menempuh perkuliahan dan menjadi keluarga pertama penulis dimasa perkuliahan.
9. Semua pihak yang telah membantu selama proses pengerjaan tugas akhir ini.

Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi mahasiswa maupun peneliti. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan, untuk itu kritik dan saran diharapkan untuk penyempurnaan tugas akhir ini.

Surabaya, 16 Juli 2020

Yogi Agung Susanto



## DAFTAR ISI

|   |           |
|---|-----------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....  | i         |
| <b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b> .....  | vii       |
| <b>ABSTRAK</b> .....  | 3         |
| <b>ABSCTRACT</b> .....  | 5         |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....   | 7         |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....   | 9         |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....  | 11        |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....   | 12        |
| <b>BAB I</b>  |           |
| <b>PENDAHULUAN</b> .....  | 15        |
| 1.1 Latar Belakang .....  | 15        |
| 1.2 Permasalahan.....   | 16        |
| 1.3 Tujuan .....  | 17        |
| 1.4 Batasan.....  | 17        |
| 1.5 Metodologi .....  | 17        |
| 1.6 Sistematika Penulisan .....   | 18        |
| 1.7 Relevansi.....  | 19        |
| <b>BAB II</b>   |           |
| <b>Unit Commitment</b> .....  | 7         |
| 2.1 Sistem Tenaga Listrik .....   | 21        |
| 2.2 Studi Aliran Daya.....  | 9         |
| 2.3 <i>Economic Dispatch</i> .....  | 25        |
| 2.4 <i>Unit Commitment</i> .....  | 27        |
| 2.5 Biaya Pembangkitan .....  | 29        |
| 2.6 Penjadwalan Pembangkitan .....  | 30        |
| <b>BAB III</b>  |           |
| <b>Implementasi Quantum Genetic Algorithm Pada</b><br><b>Penjadwalan Pembangkitan</b> ..... | <b>21</b> |
| 3.1 Studi Literatur .....   | 35        |
| 3.2 Pengumpulan data .....  | 35        |
| 3.3 Permodelan Sistem Strudi Aliran Daya .....  | 35        |

|   |  |           |
|---|--|-----------|
| 3.4                                       | Algoritma Metode Penelitina .....  | 35        |
| <b>BAB IV</b>                             |  |           |
| <b>SIMULASI HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b> |  | <b>33</b> |
| 4.1                                       | Sistem IEEE 30 Bus .....   | 33        |
| 4.2                                       | Performa Komputasi.....  | 47        |
| 4.3                                       | Hasil Simulasi .....   | 47        |
| 4.4                                       | Analisa Hasil Simulasi UC dengan Metode QGA.                                   | 52        |
| 4.4                                       | Analisa Hasil Perbandingan Simulasi UC dengan<br>Metode QGA dan Metode GA..... | 57        |
| <b>BAB V</b>                              |  |           |
| <b>PENUTUP.....</b>                       |  | <b>63</b> |
| 5.1                                       | Kesimpulan .....   | 63        |
| 5.2                                       | Saran .....  | 64        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                |  | <b>65</b> |
| <b>RIWAYAT HIDUP.....</b>                 |  | <b>67</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                      |  | <b>69</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik.....                         | 21 |
| Gambar 2.2. Kurva Biaya Operasi .....                         | 26 |
| Gambar 2.3. Kurva Kenaikan Beban .....                        | 27 |
| Gambar 2.4 Status <i>Quantum Bit (Qubit)</i> .....            | 18 |
| Gambar 2.5. Dasar <i>Quantum Bit (Qubit)</i> .....            | 20 |
| Gambar 3.1 Sistem IEEE 30 Bus.....                            | 21 |
| Gambar 3.2 Diagram alur Unit Commitment metode QGA.....       | 27 |
| Gambar 4.1 Kurva Pembebanan 24 Jam .....                      | 53 |
| Gambar 4.2 Pembangkitan Daya Tiap Generator .....             | 53 |
| Gambar 4.3 Grafik Pembangkitan Daya.....                      | 54 |
| Gambar 4.4 Grafik Rugi-rugi Daya Transmisi .....              | 54 |
| Gambar 4.5 Grafik Biaya Pembangkitan .....                    | 55 |
| Gambar 4.6 Tegangan Tiap Bus.....                             | 46 |
| Gambar 4.7 Kurva Daya Keluaran Metode QGA.....                | 58 |
| Gambar 4.8 Kurva Daya Keluaran Metode GA.....                 | 58 |
| Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Daya Keluaran dan Losses ..... | 59 |
| Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Biaya Pembangkitan .....      | 60 |
| Gambar 4.11 Tegangan Tiap Bus Metode QGA .....                | 61 |
| Gambar 4.12 Tegangan Tiap Bus Metode GA .....                 | 61 |

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 3.1 Data rating generator.....                           | 36 |
| Tabel 3.2 Koefisien biaya generator .....                      | 36 |
| Tabel 3.3 Data sistem IEEE 30 bus.....                         | 37 |
| Tabel 3.4 Pembebanan 24 jam.....                               | 38 |
| Tabel 4.1 Performa Komputasi.....                              | 47 |
| Tabel 4.2 Kombinasi pembangkitan metode QGA.....               | 48 |
| Tabel 4.3 Daya keluaran generator metode QGA.....              | 49 |
| Tabel 4.4 Biaya pembangkitan metode QGA.....                   | 50 |
| Tabel 4.5 Total biaya pembangkitan metode QGA.....             | 51 |
| Tabel 4.6 Cadangan berputar generator metode QGA.....          | 52 |
| Tabel 4.7 Tegangan tiap bus pada jam 1 – 6 metode QGA .....    | 53 |
| Tabel 4.8 Tegangan tiap bus pada jam 7 – 12 metode QGA .....   | 54 |
| Tabel 4.9 Tegangan tiap bus pada jam 13 – 18 metode QGA .....  | 55 |
| Tabel 4.10 Tegangan tiap bus pada jam 19 – 24 metode QGA ..... | 56 |
| Tabel 4.11 Kombinasi pembangkitan metode GA.....               | 58 |
| Tabel 4.12 Daya keluaran generator metode GA .....             | 59 |
| Tabel 4.13 Biaya pembangkitan metode GA .....                  | 60 |
| Tabel 4.14 Total biaya pembangkitan metode GA .....            | 61 |
| Tabel 4.15 Tegangan tiap bus pada jam 1 – 6 metode GA .....    | 62 |
| Tabel 4.16 Tegangan tiap bus pada jam 7 – 12 metode GA .....   | 63 |
| Tabel 4.17 Tegangan tiap bus pada jam 13 – 18 metode GA .....  | 64 |
| Tabel 4.18 Tegangan tiap bus pada jam 19 – 24 metode GA .....  | 65 |
| Tabel 4.19 Bus Undervoltage .....                              | 76 |

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan zaman dan populasi yang semakin meningkat diiringi dengan perkembangan teknologi yang sangat cepat, membuat kebutuhan energi listrik semakin besar. Untuk menjamin terjaganya pasokan listrik dan meningkatkan keandalan sistem, maka sistem tenaga listrik tidak hanya disuplai satu pembangkit listrik saja namun banyak pembangkitan yang saling terhubung. Suatu sistem tenaga listrik biasanya terdiri dari beberapa unit-unit pembangkit tenaga listrik. Pada pengaplikasiannya pembangkit tidak serta merta dinyalakan semua untuk melayani seluruh beban listrik yang ada. Dikarenakan oleh beberapa aspek dari pembangkit seperti pemeliharaan, karakteristik, kemampuan pembangkit, biaya pembangkitan dan lain-lain yang perlu diperhatikan. Pengoperasian sistem tenaga listrik tersebut dapat berlangsung dengan baik jika dilakukan koordinasi antar pembangkit dalam merespon perubahan beban.

Salah satu strategi untuk pengoperasian sistem tenaga listrik yang berkaitan dengan pengaturan pembangkit adalah dengan melakukan penjadwalan pembangkit. Dengan penjadwalan yang baik, maka akan memberikan dampak positif berupa biaya pembangkitan seminimum mungkin. Penjadwalan dilakukan dengan menjadwalkan pembangkit-pembangkit yang beroperasi secara bergantian atau bersamaan. Selain mampu menyediakan tenaga listrik ekonomis, penjadwalan pembangkit harus tetap menjaga kualitas daya listrik yang meliputi kontinuitas, seimbang, stabil dan kadar harmonik yang rendah.

Kapasitas daya transmisi merupakan komponen penting untuk diperhitungkan karena mempengaruhi biaya produksi, terutama jika sistem memiliki transmisi yang panjang dengan daya penyaluran yang besar. Pengoperasian pembangkit secara ekonomis dipengaruhi oleh karakteristik pembangkit, limit daya

output pembangkit, biaya bahan bakar untuk mengoperasikan pembangkit, dan rugi-rugi transmisi dari pembangkit ke beban.

Tujuan dari penjadwalan pembangkitan adalah mengatur daya keluar dari masing-masing pusat pembangkit yang ada dalam sistem atau daya keluar dari masing-masing unit pembangkit yang ada dalam suatu pusat pembangkit, untuk mensuplai beban tertentu sehingga menghasilkan jumlah biaya pembangkitan seminimum mungkin [3].

Pada penelitian ini, metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pada penjadwalan pembangkitan yaitu metode *quantum genetic algorithm*. Metode *quantum genetic algorithm* merupakan salah satu metode yang digunakan dalam proses optimisasi pada penjadwalan pembangkitan yang kompleks. Secara garis besar, cara kerja dari metode *quantum genetic algorithm* ini yaitu dengan mencari sebuah solusi yang layak dari beberapa solusi yang mampu menyelesaikan permasalahan optimisasi penjadwalan pembangkitan [1]. Maka dari itu, dipilihnya metode *quantum genetic algorithm* ini karena sangat sesuai dengan proses perhitungan optimasi dalam permasalahan penjadwalan pembangkitan.

## 1.2 Permasalahan

Agar didapatkan pembangkitan yang paling optimal sesuai dengan fungsi yang diharapkan yaitu menyuplai seluruh beban-beban yang ada dengan memberikan pengeluaran paling ekonomis. Diperlukan metode yang digunakan untuk menentukan nyala padam pada operasi unit pembangkit. Rumusan masalah yang akan dibahas pada tugas akhir ini yaitu:

1. Bagaimana mendapatkan biaya pembangkitan yang paling murah, dengan memperhatikan *security constrain* pada sistem IEEE 30 bus?
2. Bagaimana metode *Quantum Genetic Algorithm* digunakan untuk menentukan penjadwalan pembangkitan dan menghitung pembebanan setiap pembangkit?



### 1.3 Tujuan

Penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk:

1. Mendapatkan hasil kombinasi pembangkitan yang paling optimal dengan menggunakan metode perhitungan *Quantum Genetic Algorithm* (QGA) pada sistem IEEE 30 bus
2. Mengetahui pengaruh *security constrained* pada saluran transmisi terhadap besarnya biaya pembangkitan.

### 1.4 Batasan

Dalam menyelesaikan permasalahan pada tugas akhir ini terdapat batasan yang diperlukan, yaitu:

1. Generator unit 1 yang merupakan *slack bus* atau *swing bus* harus selalu menyala.
2. Sistem yang digunakan adalah sistem IEEE 30 bus dengan 6 unit generator thermal.
3. Untuk menghitung rugi-rugi daya pada saluran, digunakan metode newton raphson.
4. *Load Flow* mengabaikan beban daya reaktif (Q) dan hanya memperhatikan pengaruh daya aktif (P).
5. Perhitungan *unit commitment* menggunakan metode *quantum genetic algorithm*.

### 1.5 Metodologi

Tahapan pengerjaan yang dilakukan pada studi *Unit Commitment Pembangkit Mempertimbangkan Security Constrained Menggunakan Metode Quantum Genetic Algorithm* adalah:

1. Studi Literatur  
Studi literatur berdasarkan pada jurnal terindex, buku-buku, dan laporan tugas akhir terdahulu yang berhubungan dengan *unit commitment*, dan *quantum genetic algorithm*.
2. Pengumpulan Data  
Penulis melakukan pengumpulan data sistem IEEE 30 bus. Data yang dikumpulkan adalah data koefisien *cost function* generator, *ramp up dan ramp down* perjam generator, *minimum up and down time* generator, rating maksimum dan minimum daya keluaran

tiap unit generator, data beban selama 24 jam dan *initial state* tiap generator.

### 3. Perancangan Program

Penulis melakukan perancangan program dengan data yang telah diperoleh dengan menggunakan software Matlab dan bantuan *Quantum Genetic Algorithm* sebagai algoritma perhitungan guna mendapatkan kombinasi pembangkitan yang paling murah.

### 4. Analisa Hasil Simulasi Program

Setelah dilakukan simulasi pada program, penulis melakukan analisa hasil simulasi dengan studi *unit commitment*

### 5. Kesimpulan

Dari hasil analisa program dapat ditarik kesimpulan dari permasalahan yang dianalisis beserta tahapan didalamnya.

### 6. Penyusunan Laporan

Penulis melakukan tahap penyusunan laporan yang berisikan pendahuluan, studi literasi, metodologi penelitian, analisa dan simulasi, dan yang terakhir kesimpulan. Selain itu juga akan diberikan saran yang berkaitan dengan topik tugas akhir.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

### BAB I      Pendahuluan.

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang, permasalahan, tujuan, batasan masalah, metodologi, sistematika penulisan dan relevansi pada tugas akhir.

### BAB II     Dasar Teori

Pada bab ini dijelaskan mengenai teori *unit commitment* dan security constrain yang berhubungan dengan topik penelitian tugas akhir. Dijelaskan juga data input yang digunakan sebagai dasar pemilihan output terbaik dari penelitian ini.

- BAB III**      Metodologi Pengerjaan  
Pada bab ini dijelaskan mengenai penggunaan *quantum genetic algorithm* pada perhitungan studi *unit commitment* pada sistem IEEE 30 bus.
- BAB IV**      Simulasi dan Analisis.  
Pada bab ini dijelaskan hasil program *unit commitment* yang telah selesai disimulasikan dan analisa pada studi tersebut.
- BAB V**      Penutup  
Pada bab ini penulis akan memberikan hasil dan menarik kesimpulan terhadap penelitian yang telah dilakukan dan memberikan rekomendasi serta saran yang dapat di implementasikan pada penelitian mendatang.

## **1.7 Relevansi**

Hasil dari penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat, yaitu:

1. Diperoleh kombinasi penjadwalan pembangkitan yang menghasilkan total biaya paling murah dan dapat memenuhi batasan-batasan penelitian.
2. Menjadi masukan dan bahan pembelajaran tentang studi *unit commitment* bagi mahasiswa lain.
3. Dapat menambah ilmu pada bidang optimasi pembangkitan bagi penulis.

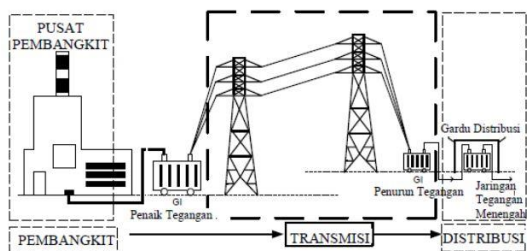
*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB II

### Unit Commitment

#### 2.1 Sistem Tenaga Listrik

Secara umum sistem tenaga listrik dapat dikatakan terdiri dari tiga bagian yaitu pembangkit tenaga listrik, sistem transmisi dan sistem distribusi.



**Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik**

Ketiga bagian ini merupakan bagian utama pada suatu rangkaian sistem tenaga listrik yang bekerja untuk menyalurkan daya listrik dari pusat pembangkit ke pusat pusat beban. Untuk memenuhi tujuan operasi sistem tenaga listrik, ketiga bagian tersebut satu dengan yang lainnya harus bersatu dan berfungsi dengan baik. Berikut ini merupakan penjelasan mengenai bagian utama pada sistem tenaga listrik pada umumnya, yaitu :

##### 2.1.1 Pembangkitan

Pusat pembangkit listrik merupakan tempat energi listrik pertama kali dibangkitkan, dimana terdapat turbin sebagai penggerak awal (Prime Mover) dan generator yang membangkitkan listrik dengan mengubah tenaga turbin menjadi energi listrik. Secara umum, jenis pusat pembangkit dibagi kedalam dua bagian besar yaitu pembangkit hidro yaitu PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) dan pembangkit thermal diantaranya yaitu PLTU (Pusat Listrik Tenaga Uap), PLTG (Pusat Listrik Tenaga Gas), PLTN (Pusat

Listrik Tenaga Nuklir), dan PLTGU (Pusat Listrik Tenaga Gas Uap).

Generator menghasilkan daya pada tegangan yang tinggi, umumnya pada tegangan 30 kV. Pada sistem pembangkit, ukuran generator bervariasi antara 50 MW dan 1500 MW. Sebelum pembangkit di transmisikan, tegangan dinaikkan dengan menggunakan trafo step up untuk mengurangi rugi-rugi daya transmisi.

### 2.1.2 Transmisi

Transmisi tenaga listrik merupakan proses penyaluran tenaga listrik dari pusat pembangkitan listrik hingga saluran distribusi listrik sehingga nantinya dapat tersalurkan pada pengguna listrik.. Jaringan transmisi juga menghubungkan antar daerah yang berbeda untuk *supply* tenaga listrik dalam keadaan normal maupun emergency. Standar tegangan transmisi di tiap negara berbeda-beda. Di Indonesia, tegangan transmisi digolongkan sesuai dengan besar tegangannya, yaitu:

1. Saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET): 200 kV – 500 kV.
2. Saluran udara tegangan tinggi (SUTT): 30 kV – 150 kV.
3. Saluran kabel tegangan tinggi (SKTT): 30 kV – 150 kV.
4. Saluran udara tegangan menengah (SUTM): 6 kV – 30 kV.
5. Saluran kabel tegangan menengah (SKTM): 6 kV – 30 kV.

### 2.1.3 Distribusi

Setelah daya di transmisikan, level tegangan diturunkan menggunakan trafo *step down* untuk dilanjutkan ke jaringan distribusi. Sistem distribusi merupakan jaringan yang menghubungkan konsumen dan jaringan tegangan menengah. Arus dihantarkan melalui kabel 3 fasa dengan level tegangan sesuai dengan golongannya. Pada sistem distribusi konsumen industri membutuhkan tegangan dengan kapasitas besar berkisar antara 4 kV dan 34.5 kV, sedangkan tegangan jaringan distribusi 220/380 V diperuntukkan untuk konsumen residential dan komersial. Jaringan distribusi yang digunakan berupa saluran bawah tanah dan saluran udara.

## 2.2 Studi Aliran Daya

Analisa aliran daya adalah studi yang fundamental untuk dipelajari di sistem tenaga. Tujuan dari studi aliran daya adalah untuk mendapatkan tegangan dalam bentuk magnitude dan sudut pada setiap pembebanan, pembangkitan, dan kondisi jaringan. Permulaan dari penyelesaian studi aliran daya adalah untuk mengidentifikasi variable yang diketahui maupun yang tidak diketahui. Bus merupakan variable dan bus digolongkan menjadi 3 tipe yaitu: Slack, Load Bus, dan Generator Bus.

- *Load Bus* atau PQ Bus adalah bus yang terdapat beban yang P dan Q tetap sedangkan variable nya adalah tegangan dan sudut fasa.
- *Swing/ Slack Bus* merupakan bus yang terhubung dengan generator yang P dan V nya tetap dan sudut fasanya nol. Variable yang dihitung adalah daya aktif dan reaktif. Bus ini berfungsi sebagai penyeimbang pada sistem kelistrikan.
- Generator bus merupakan bus yang terhubung dengan generator yang P dan V nya tetap dan daya aktif dan sudut fasanya adalah variable yang perlu dicari.

Setiap sistem variabel yang perlu dicari adalah daya nyata, daya semu, tegangan, dan sudut fasa. Aliran daya dapat didapatkan dari formula berikut:

$$S_{ij} = V_i T_{ij}^* \quad (2.1)$$

$$S_{ij} = V_i \left[ \frac{V_i - V_j}{z_{ij}} \right] \quad (2.2)$$

Dimana ,

- $S_{ij}$  : Daya semu yang mengalir dari bus i menuju bus j
- $V_i$  : Tegangan pada bus i
- $Z_{ij}$  : Impedansi pada saluran dari bus i menuju bus j

Perhitungan aliran daya dapat menggunakan salah satu dari beberapa metode, metode-metode tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Metode-metode tersebut adalah metode gauss seidel, newton raphson dan fast decouple. Pada tugas akhir ini, metode yang digunakan adalah metode newton raphson.

- Metode Newton Raphson

Newton Raphson merupakan metode iterasi yang memiliki 2 metode perhitungan yaitu metode *polar coordinate* dan *rectangular coordinat*. Dari kedua metode ini, polar coordinate digunakan paling banyak sebagai metode perhitungan.

Persamaan *polar coordinate* adalah:

$$I_i = \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \angle \theta_{ij} + \delta_j \quad (2.3)$$

Pada perhitungan daya aktif dan reaktif digunakan persamaan:

$$P_i = \sum_{j=1}^n |V_i| |Y_{ij}| |V_j| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (2.4)$$

$$Q_i = - \sum_{j=1}^n |V_i| |Y_{ij}| |V_j| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (2.5)$$

Variable yang akan di optimasi dari persamaan diatas adalah  $\delta$  dan  $|V|$  untuk PQ bus sedangkan  $\delta$  dan  $Q$  untuk PV bus. Dari persamaan diatas, dilanjutkan pada perhitungan menggunakan matriks jacobian yaitu:

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J1 & J2 \\ J3 & J4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

$$\Delta P_i = P_i^{sch} - P_i^{(k)} \quad (2.7)$$

Dimana  $I = 1, 2, \dots, n$   $i \neq$  slack bus

$$\Delta Q_i = Q_i^{sch} - Q_i^{(k)} \quad (2.8)$$

Dimana  $I = 1, 2, \dots, n$  ,  $i \neq$  slack bus ,  $I \neq$  PV bus

Sedangkan untuk  $J_1, J_2, J_3,$  dan  $J_4$  dituliskan sebagai berikut:

Untuk elemen  $J_1$  adalah :

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} = - |V_i| |Y_{ij}| |V_j| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad j \neq i \quad (2.9)$$

Untuk elemen  $J_2$  adalah :



$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_j|} = |V_i| |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad j \neq i \quad (2.10)$$

Untuk elemen  $J_3$  adalah :

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_i} = -|V_i| |Y_{ij}| |V_j| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad j \neq i \quad (2.11)$$

Untuk elemen  $J_4$  adalah :

$$\frac{\partial Q_i}{\partial |V_j|} = |V_i| |Y_{ij}| \sin(-\delta_i + \delta_j) \quad j \neq i \quad (2.12)$$

Estimasi tegangan bus yang baru dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\delta_i^{(k+1)} = \delta_i^{(k)} + \Delta \delta_i^{(k)} \quad (2.13)$$

$$|V_i^{(k+1)}| = |V_i^{(k)}| + \Delta |V_i^{(k)}| \quad (2.14)$$

Proses iterasi akan berhenti jika persamaan berikut telah dipenuhi

$$|\Delta P_i^{(k)}| \leq \varepsilon \quad (2.15)$$

$$|\Delta Q_i^{(k)}| \leq \varepsilon \quad (2.16)$$

Dimana ,

$P_i$  : Daya real pada bus  $i$

$Q_i$  : Daya reaktif pada bus  $i$

$V_i$  : Tegangan pada bus  $i$

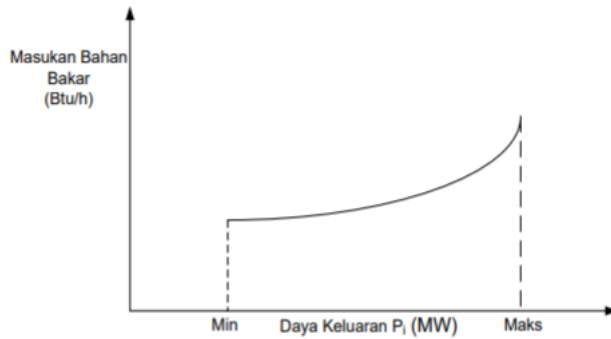
$Y_{ij}$  : Impedansi pada saluran dari bus  $i$  menuju bus  $j$

$\delta_i$  : Sudut fasa pada bus  $i$

$\theta_{ij}$  : Sudut fasa saluran dari bus  $i$  menuju bus  $j$

### 2.3 Economic Dispatch

*Economic dispatch* adalah pengaturan daya yang dikeluarkan tiap unit generator dengan tujuan untuk mendapatkan total biaya produksi paling murah dan rugi-rugi transmisi yang paling kecil [4]. Faktor-faktor yang bisa mempengaruhi biaya produksi adalah efisiensi generator, biaya bahan bakar, dan rugi-rugi jaringan transmisi [3].



**Gambar 2.2. Kurva Biaya Operasi**

Kurva biaya operasi masukan bahan bakar pada pembangkit (Btu/h) ke biaya operasi (\$/h) dapat dilihat dari gambar diatas. Kurva berupa fungsi polynomial orde 2.

$$F_i(P_i) = a_i P_i^2 + b_i P_i + c_i \quad (2.17)$$

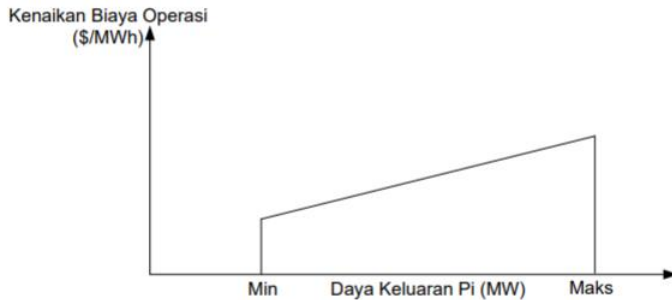
dimana  $F_i P_i$  adalah biaya operasi tiap unit pembangkit, sedangkan  $P_i$  adalah daya keluaran pembangkit dan a, b, c merupakan koefisien biaya operasi pembangkit.

Dengan permintaan daya / beban yang terus berubah-ubah maka hal ini mempengaruhi perubahan biaya pembangkitan. Kenaikan dari biaya pembangkitan merupakan *slope* atau kemiringan dari karakteristik masukan dan keluaran pembangkit.

*Incremental cost curve* merupakan kurva kenaikan daya beban, fungsi biaya operasi terhadap daya keluaran adalah:

$$\lambda = \frac{\Delta F_i(P_i)}{\Delta P_i} = 2 a_i P_i + b_i \quad (2.18)$$

Dimana  $\lambda$  merupakan kenaikan biaya operasi (\$/MWh). Dibawah ini merupakan kurva kenaikan beban atau *incremental cost curve*.



**Gambar 2.3. Kurva kenaikan beban**

## 2.4 Unit Commitment

Studi *Unit Commitment* bertujuan untuk menjadwalkan pembangkitan yang optimal. *Unit Commitment* menjadwalkan unit mana saja yang nyala dan mati dengan tujuan untuk mendapatkan biaya pembangkitan paling murah [2]. *Unit Commitment* memperhitungkan total biaya pembangkitan yang mencakup biaya bahan bakar, biaya *start-up*. Metodologi dari *unit commitment* dapat di bedakan menjadi 2 tipe yaitu metode untuk optimisasi dan metode metatheuristik, *unit commitment* juga digambarkan dengan formulasi matematika dalam bentuk *complex non-linear* dan *mixed integer*.

Batasan pada *unit commitment* sangat berpengaruh pada hasil akhir kombinasi pembangkitan, batasan-batasan tersebut dibagi menjadi 2 kategori yaitu batasan level sistem dan batasan local.

### 2.4.1 Batasan Sistem

- Active Power Balance

$$P_G^t = P_L^t + P_{IN}^t \quad (2.19)$$

$$P_{IN}^t = \sum \frac{1}{x_{ij}} [\delta_i - \delta_j] \quad (2.20)$$

Pada tugas akhir ini, rugi-rugi pada jaringan transmisi juga diperhitungkan.

dimana,

- $P_L$  : Daya pada load bus
- $P_{IN}$  : Daya yang mengalir dari bus i ke j
- $\delta$  : Sudut tegangan
- $x$  : Reaktansi saluran

Daya yang dibangkitkan harus memenuhi beban di tiap periode waktu.

## 2.4.2 Batasan Lokal

- Generator Limit

$$P_{Gi \min} \leq P_{Gi} \leq P_{Gi \max} \quad (2.21)$$

dimana,

- $P_{Gi}$  : Daya Keluaran generator i
- $P_{Gi \min}$  : Batas bawah daya keluaran generator i
- $P_{Gi \max}$  : Batas atas daya keluaran generator i

Tiap unit generator memiliki rating atau karakteristik masing-masing. Generator memiliki rating daya yang bisa dibangkitkan, dimana daya tersebut tidak boleh lebih dari rating daya maksimum yang bisa dibangkitkan oleh generator dan kurang dari rating daya minimum yang bisa dibangkitkan oleh generator.

- *Minimum Up and Down Time*

$$u_i^t = 1 \text{ jika } 1 \leq Ton_i^t \leq t_i^{up} \quad (2.22)$$

$$u_i^t = 0 \text{ jika } -t_i^{down} < Toff_i^t \leq 0 \quad (2.23)$$

dimana,

- $u_i^t$  : Indikator generator on (1) atau off (0)
- $t_i^{up}$  : *Minimum up time* unit i
- $t_i^{down}$  : *Minimum down time* unit i
- $Ton_i^t$  : Durasi lama generator unit i nyala
- $Toff_i^t$  : Durasi lama generator unit i mati

*Minimum up time* adalah batas waktu minimum generator dapat dimatikan. Ketika generator dibangkitkan, generator tersebut tidak bisa dimatikan secara tiba-tiba, namun harus memenuhi jumlah batas *minimum up time*. *Minimum down time* adalah batas waktu minimum generator dapat dibangkitkan. Ketika generator mati, generator tersebut tidak bisa dibangkitkan secara tiba-tiba, namun harus memenuhi jumlah batas *minimum down time* [5].

- *Ramp Rate*

$$P_i^t u_i^t \leq P_i^t \leq P_{i,max}^t u_i^t, t = 1 \dots T \quad (2.24)$$

Dimana,

$P_{i,min}^t$  : *Ramp Down* unit i saat t time

$P_{i,max}^t$  : *Ramp Up* unit i saat t time

*Ramp rate* merupakan batas maksimum lonjakan daya yang dibangkitkan pada periode waktu setelah. Untuk ramp down yaitu lonjakan turun daya yang dibangkitkan pada periode waktu setelah dan ramp up yaitu lonjakan naik daya yang dibangkitkan pada periode waktu setelah [4].

## 2.5 Biaya Pembangkitan

Biaya pembangkitan dapat dibagi jadi beberapa golongan yaitu biaya untuk bahan bakar, *start up cost*, dan *shut down cost*.

- *Start Up Cost*

*Start up cost* adalah biaya pembangkitan sebelum generator tersambung pada sistem. Biaya ini tergantung pada lamanya unit selama *offline* sebelum dipanaskan. Pemanasan menggunakan bahan bakar dan biasanya prosedur *start up* membutuhkan suhu yang lebih panas dari sebelumnya [4].

- Biaya bahan bakar  
Biaya bahan bakar adalah biaya yang dikeluarkan tiap generator untuk memproduksi listrik. Tiap generator memiliki rating masing-masing sehingga biaya bahan bakar yang dikeluarkan tiap unit generator berbeda.

## 2.6 Penjadwalan Pembangkitan

Kombinasi penjadwalan pembangkitan didapatkan dari beberapa metode yaitu:

- Priority list
- Complete enumeration
- Evolutionary Program
- Dynamic Programming
- Linear Programming
- Simulated Annaeling
- Lagrange Relaxation
- Genetic Algorithm
- Quantum Genetic Algorithm

Pada penelitian tugas akhir ini, metode yang digunakan adalah binary particle swarm optimization.

### 2.6.1 Quantum Genetic Algorithm (QGA)

Pada program QGA terdapat 2 hal yang harus di tetapkan terlebih dahulu selain parameter Individu, yaitu fungsi objektif dan variable permasalahan [2]. Fungsi objektif dan variable permasalahan pada tugas akhir ini adalah:

- Fungsi Objektif  
*Objective Function pada studi unit commitment* sama dengan *Economic Dispatch* dimana yang harus didapatkan adalah biaya pembangkitan paling minimum termasuk *start up cost* [6].

$$\text{Minimize } F(P,u) = \sum_{t=1}^t \sum_{i=1}^N Ci(P_u,U_u) + \sum_{i=1}^N SCi \quad (2.25)$$

$$Ci(P_u) = a_i P_{Gi}^2 + b_i P_{Gi} + c_i \quad (2.26)$$

dimana,

t : Jumlah rentang waktu beban

- N : Jumlah bus
- $P_G$  : Daya yang dibangkitkan
- $C_i(P_{Gi})$  : Fungsi biaya pembangkitan generator  $i$
- $SC_i$  : *Start-Up Cost*

Fungsi objektif yang diperhatikan adalah biaya pembangkitan dan biaya operasional. Pembangkitan paling optimal didapatkan dengan tujuan untuk mendapatkan biaya pembangkitan paling minimum [6].

- Variable Permasalahan

Variable yang di optimasi adalah daya pembangkitan aktif (P). Pada tugas akhir ini yang diperhatikan hanya pembangkitan daya aktif sedangkan beban dan pembangkitan daya reaktif diabaikan. Pada sistem IEEE 30 bus terdapat 6 generator.

Metode QGA adalah metode optimasi probabilistik berdasarkan komputasi kuantum, dikombinasikan dengan teori perhitungan kuantum dan teori algoritma genetika. *Quantum Genetic Algorithm* atau algoritma genetika kuantum (QGA) adalah algoritma evolusioner (EA) yang prinsipnya merupakan metode pencarian dan optimasi stokastik berdasarkan prinsip biologis alami [1].

QGA didasarkan pada konsep qubit dan superposisi keadaan mekanika kuantum. Pada komputasi kuantum, qubit atau quantum bit adalah unit dasar dari informasi kuantum. Sebuah qubit mungkin dapat berada dalam status '1', status '0', atau dalam keadaan koheren superposisi manapun dari keduanya disaat waktu bersamaan [7].

Pada umumnya,  $m$ -qubit direpresntasikan oleh vektor status superposisi dalam  $2^m$  dimensi. Persamaan status qubit dapat direpresentasikan sebagai berikut:

$$|\Psi\rangle = |\alpha|^2 + |\beta|^2 \tag{2.27}$$

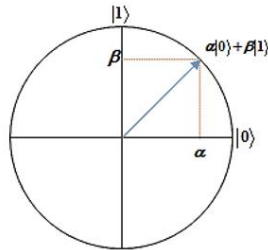
Di mana  $\alpha$  dan  $\beta$  merupakan amplitudo probabilitas atau bilangan kompleks yang digunakan dalam menggambarkan perilaku dari status tersebut, dan suatu status yang sesuai disebut

amplifikasi amplitudo (amplitude amplification). Kondisi normalisasi dari status tersebut adalah sebagai berikut:

$$|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1 \quad (2.28)$$

$|\alpha|^2$  adalah probabilitas qubit dalam status 0 dan  $|\beta|^2$  adalah probabilitas qubit berada dalam status 1. Status qubit dapat dilihat pada Gambar 2.4 Satu qubit individu didefinisikan dengan sepasang angka  $(\alpha, \beta)$  sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \end{bmatrix} \quad (2.29)$$



**Gambar 2.4 Status *Quantum Bit (Qubit)*[7]**

Persamaan (21) merupakan karakteristik dari persamaan (19) dan (20). Satu qubit individu dengan panjang  $m$  didefinisikan sebagai string qubit. Untuk merepresentasikan  $m$ -qubit didefinisikan sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} \alpha & \alpha & \dots & \alpha \\ \beta & \beta & \dots & \beta \end{bmatrix} \quad (2.30)$$

Di mana,  $|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1, i = 1, 2, 3, \dots, m$ . Representasi ini memiliki keuntungan bahwa ia mampu mewakili status superposisi manapun.

Konvergensi atau keadaan menuju satu titik juga bisa diperoleh dengan representasi qubit. Artinya, representasi qubit mampu memiliki dua karakteristik eksplorasi dan eksploitasi secara bersamaan [7].



## Gerbang Rotasi (Q-Gate)

Q-gate (Gerbang rotasi) didefinisikan sebagai operator variasi pada QGA dengan cara memperbarui qubit dan sesuai dengan kondisi normal untuk menghasilkan populasi baru.  $|\alpha'|^2 + |\beta'|^2 = 1$ , dimana  $\alpha'$  dan  $\beta'$  adalah nilai qubit yang telah diperbarui. State qubit dapat berubah dengan mengoperasikan gerbang rotasi [1].

Gerbang rotasi yang digunakan sebagai qubit:

$$\begin{bmatrix} \alpha_j(t+1) \\ \beta_j(t+1) \end{bmatrix} = R_i(t) \times \begin{bmatrix} \alpha_j \\ \beta_j \end{bmatrix} \quad (j = 1, 2, \dots) \quad (2.31)$$

$$R_i(t) = \begin{bmatrix} \cos \Delta\theta_i & -\sin \Delta\theta_i \\ \sin \Delta\theta_i & \cos \Delta\theta_i \end{bmatrix} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2.32)$$

Dimana,

$n$  = jumlah qubit di dalam individu qubit.

$R_i(t)$  = gerbang rotasi

$\Delta\theta_i$  = sudut rotasi (Gambar 2.4) dari setiap anggota populasi (qubit)

Gerbang rotasi ( $R_i$ ) digunakan sebagai gerbang rotasi pada algoritma genetika quantum. Sedangkan  $\Delta\theta_i$  adalah sudut rotasi tiap anggota populasi [1].

$$\Delta\theta_i = \Delta f_i \times \text{sign}(\alpha_b - \alpha_j) \times \text{sign}[(\beta_b \times \sin \Delta f_i - \alpha_b \times (1 - \cos \Delta f_i))] \quad (2.33)$$

Dimana,

$$\Delta f_i = \pi \times \left(1 - \frac{f(b)}{f(p_i(t))}\right) \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2.34)$$

$$\text{sign}(\alpha_b - \alpha_j) = \begin{cases} +1 & \text{if } \alpha_b \geq \alpha_j \\ -1 & \text{if } \alpha_b < \alpha_j \end{cases} \quad (2.35)$$

$$\text{sign}[(\beta_b \times \sin \Delta f_i - \alpha_b \times (1 - \cos \Delta f_i))] = \begin{cases} +1 & \text{if } \beta_b \times \sin \Delta f_i - \alpha_b \geq (1 - \cos \Delta f_i) \\ -1 & \text{if } \beta_b \times \sin \Delta f_i - \alpha_b < (1 - \cos \Delta f_i) \end{cases} \quad (2.36)$$

Dimana,

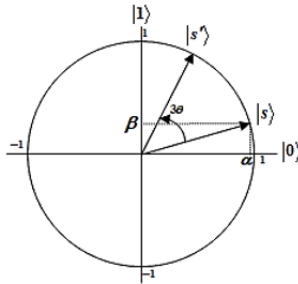
$\Delta f_i$  = Perbedaan normalisasi antara pencapaian setiap anggota populasi dan global optimal terbaik.

$\alpha_j, \beta_j$  = amplifikasi amplitudo qubit jth pada satu qubit ith. b = satu qubit pada populasi terbaik.

$f(p_i(t))$  = tujuan tercapai dari satu qubit ith.

$f(b)$  = salah satu populasi terbaik (individu qubit b)

Fungsi sign pada persamaan (2.28) menunjukkan arah rotasi  $\Delta\theta_i$  sehingga untuk  $\alpha_j(t+1)$  menjadi lebih dekat dengan  $\alpha_j(t)$ . Fungsi sign yang pertama mempertimbangkan perbedaan amplifikasi amplitudo antara  $\alpha_{b(t)}$  dan  $\alpha_j(t)$ . Fungsi sign kedua merupakan lokasi dari individu qubit. Pada Gambar 2.5, dapat dilihat jika lokasi qubit berada pada kuadran pertama atau ketiga tandanya diatur positif (+), untuk kuadran kedua dan keempat tandanya diatur negatif (-).



**Gambar 2.5 Dasar Quantum Bit (Qbit)[7]**

Dengan studi kombinasi pembangkitan memperhitungkan *security constrained* menggunakan metode *quantum genetic algorithm*, diharapkan didapatkan kombinasi pembangkitan yang paling murah dan daya yang dibangkitkan sesuai dengan kebutuhan beban.

# BAB III

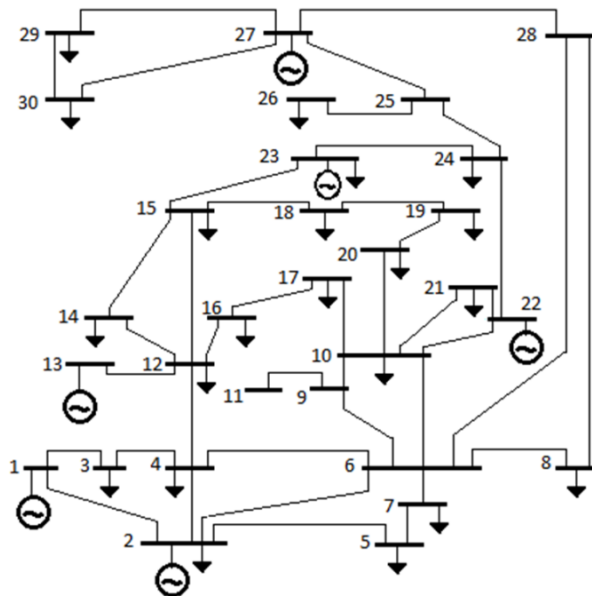
## Implementasi Quantum Genetic Algorithm Pada Penjadwalan Pembangkitan

### 3.1 Studi Literatur

Studi literatur diperoleh dari jurnal-jurnal internasional dan bukubuku teks yang relevan dengan bahasa penelitian. Jurnal yang digunakan sebagai literatur adalah IEEE tentang *Unit Commitment* Sedangkan buku yang digunakan adalah buku power sistem analysis dan buku MATLAB.

### 3.2 Pengumpulan Data

Pada topik tugas akhir ini, sistem yang digunakan adalah sistem IEEE 30 bus dengan 6 pembangkit thermal. Berikut adalah *Single line Diagram* sistem:



Gambar 3.1. Sistem IEEE 30 Bus

Single line diagram sistem tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 3.1. Untuk data rating generator pada sistem IEEE 30 bus ditunjukkan pada tabel 3.1, Untuk data koefisien biaya generator ditunjukkan pada tabel 3.2, Untuk data sistem IEEE 30 bus ditunjukkan pada tabel 3.3, sedangkan untuk data salurannya pada tabel 3.4.

**Tabel 3.1 Data rating generator**

| <b>Gen No.</b> | <b>Pmax (MW)</b> | <b>Pmin (MW)</b> | <b>Min Up &amp; Down Time (Hour)</b> | <b>Ramp Up &amp; Down (MW)</b> | <b>Initial State</b> |
|----------------|------------------|------------------|--------------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| 1              | 100              | 50               | 2                                    | 20                             | -4                   |
| 2              | 80               | 20               | 2                                    | 22                             | 3                    |
| 3              | 50               | 15               | 2                                    | 15                             | 3                    |
| 4              | 35               | 10               | 2                                    | 15                             | -3                   |
| 5              | 30               | 10               | 2                                    | 15                             | -2                   |
| 6              | 40               | 12               | 2                                    | 15                             | -2                   |

**Tabel 3.2 Koefisien biaya generator**

| <b>Gen No.</b> | <b>A</b> | <b>b</b> | <b>c</b> | <b>Cost Start Hour (Hour)</b> | <b>Cold Start Cost (\$)</b> | <b>Hot Start Cost (\$)</b> |
|----------------|----------|----------|----------|-------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 1              | 0,00375  | 2        | 0        | 5                             | 176                         | 70                         |
| 2              | 0,0175   | 1,75     | 0        | 4                             | 187                         | 70                         |
| 3              | 0,025    | 3        | 0        | 4                             | 113                         | 60                         |
| 4              | 0,00834  | 2,25     | 0        | 4                             | 267                         | 70                         |
| 5              | 0,025    | 2,5      | 0        | 4                             | 180                         | 80                         |
| 6              | 0,125    | 1        | 0        | 2                             | 113                         | 110                        |

**Tabel 3.3 Data saluran sistem IEEE 30 bus**

| <b>Bus nl</b> | <b>Bus nr</b> | <b>R (ohm)</b> | <b>X (ohm)</b> | <b>1/2 B (ohm)</b> |
|---------------|---------------|----------------|----------------|--------------------|
| 1             | 2             | 0,0192         | 0,0575         | 0,0264             |
| 1             | 3             | 0,0452         | 0,1852         | 0,0204             |
| 2             | 4             | 0,057          | 0,1737         | 0,0184             |
| 3             | 4             | 0,0132         | 0,0379         | 0,0042             |
| 2             | 5             | 0,0472         | 0,1983         | 0,0209             |
| 2             | 6             | 0,0581         | 0,1763         | 0,0187             |
| 4             | 6             | 0,0119         | 0,0414         | 0,0045             |
| 5             | 7             | 0,046          | 0,116          | 0,0102             |
| 6             | 7             | 0,0267         | 0,082          | 0,0085             |
| 6             | 8             | 0,012          | 0,042          | 0,0045             |
| 6             | 9             | 0              | 0,208          | 0,97               |
| 6             | 10            | 0              | 0,556          | 0,96               |
| 9             | 11            | 0              | 0,208          | 0                  |
| 9             | 10            | 0              | 0,11           | 0                  |
| 4             | 12            | 0              | 0,256          | 0,93               |
| 12            | 13            | 0              | 0,14           | 0                  |
| 12            | 14            | 0,1231         | 0,2559         | 0                  |
| 12            | 15            | 0,0662         | 0,1304         | 0                  |
| 12            | 16            | 0,0945         | 0,1987         | 0                  |
| 14            | 15            | 0,221          | 0,1997         | 0                  |
| 16            | 17            | 0,0824         | 0,1923         | 0                  |
| 15            | 18            | 0,1073         | 0,2185         | 0                  |
| 18            | 19            | 0,0639         | 0,1292         | 0                  |
| 19            | 20            | 0,034          | 0,068          | 0                  |
| 10            | 20            | 0,0936         | 0,209          | 0                  |
| 10            | 17            | 0,0324         | 0,0845         | 0                  |
| 10            | 21            | 0,0348         | 0,0749         | 0                  |
| 10            | 22            | 0,0727         | 0,1499         | 0                  |
| 21            | 22            | 0,0116         | 0,0236         | 0                  |
| 15            | 23            | 0,1            | 0,202          | 0                  |

| Bus nl | Bus nr | R (ohm) | X (ohm) | 1/2 B (ohm) |
|--------|--------|---------|---------|-------------|
| 22     | 24     | 0,115   | 0,179   | 0           |
| 23     | 24     | 0,132   | 0,27    | 0           |
| 24     | 25     | 0,1885  | 0,3292  | 0           |
| 25     | 26     | 0,2544  | 0,38    | 0           |
| 25     | 27     | 0,1093  | 0,2087  | 0           |
| 28     | 27     | 0       | 0,396   | 0           |
| 27     | 29     | 0,2198  | 0,4153  | 0           |
| 27     | 30     | 0,3202  | 0,6027  | 0           |
| 29     | 30     | 0,2399  | 0,4533  | 0           |
| 8      | 28     | 0,0636  | 0,2     | 0,0214      |
| 6      | 28     | 0,0169  | 0,0599  | 0,065       |

Keterangan pada tabel 3.2 data saluran sistem distribusi IEEE 30 bus :

- Kolom 1 menunjukkan *line bus number* asal
- Kolom 2 menunjukkan *line bus number* tujuan
- Kolom 3 adalah besarnya reaktansi dalam p.u
- Kolom 4 adalah  $\frac{1}{2}$  dari total line charging dalam p.u yang ditentukan MVA bus

**Tabel 3.4 Pembebanan 24 jam**

| Jam | Beban (MW) | Jam | Beban (MW) |
|-----|------------|-----|------------|
| 1   | 211,88     | 13  | 274,36     |
| 2   | 198,69     | 14  | 270,60     |
| 3   | 196,78     | 15  | 266,79     |
| 4   | 208,12     | 16  | 259,21     |
| 5   | 220,87     | 17  | 287,56     |
| 6   | 217,61     | 18  | 300,85     |
| 7   | 232,75     | 19  | 300,08     |

**Lanjutan Tabel 3.4**

| <b>Jam</b> | <b>Beban (MW)</b> | <b>Jam</b> | <b>Beban (MW)</b> |
|------------|-------------------|------------|-------------------|
| <b>8</b>   | 247,87            | <b>20</b>  | 295,14            |
| <b>9</b>   | 253,54            | <b>21</b>  | 280,04            |
| <b>10</b>  | 253,54            | <b>22</b>  | 261,12            |
| <b>11</b>  | 234,62            | <b>23</b>  | 247,87            |
| <b>12</b>  | 238,28            | <b>24</b>  | 234,62            |

Alasan menggunakan sistem IEEE 30 bus ini karena sistem ini di buat untuk pengujian atau digunakan untuk penelitian sehingga data-data yang digunakan sudah mempunyai standar. Untuk pembebanan, di sistem IEEE 30 bus hanya menyediakan pebebanan dengan jumlah 189,2 MW yang terbagi dalam setiap load bus di dalam sistem IEEE 30 bus. Sehingga pembebanan yang digunakan untuk penelitian kali ini disesuaikan kebutuhan beban harian, dimana beban puncak nya terdapat pada jam 17 – jam 21.

### **3.3 Pemodelan Sistem Untuk Studi Aliran Daya**

Untuk menganalisis aliran daya, pada tugas akhir ini menggunakan metode newton-raphson. Studi aliran daya ini digunakan untuk menganalisa aliran daya listrik dari generator sampai ke beban. Aliran daya dengan metode newton-raphson pada sistem ini diaplikasikan untuk menghitung nilai rugi daya dan menyesuaikan nilai tegangan agar tidak melewati standar ketentuan tegangan pada bus yaitu dengan  $V_{max}$  sebesar 1,05 p.u dan  $V_{min}$  sebesar 0,95 p.u [7].

Berikut adalah prosedur penyelesaian aliran daya menggunakan metode Newton-Raphson :

1. Menentukan nilai-nilai dari  $P_i^{sch}$  dan  $Q_i^{sch}$  pada bus yang berbeda. Pada bus beban dimana nilai  $P_i^{sch}$  dan  $Q_i^{sch}$  diketahui, maka besar

tegangan dan sudut fasa disamakan dengan *slack bus* atau 1,0 dan 0,0 jadi  $|V_i^{(0)}|=1,0$  dan  $\delta_i^{(0)}=0,0$ . Untuk PQ bus dengan  $|V_i|$  dan  $P_i^{sch}$  ditentukan, sudut fasa yang disamakan dengan *slack bus* jadi  $\delta_i^{(0)}=0$ .

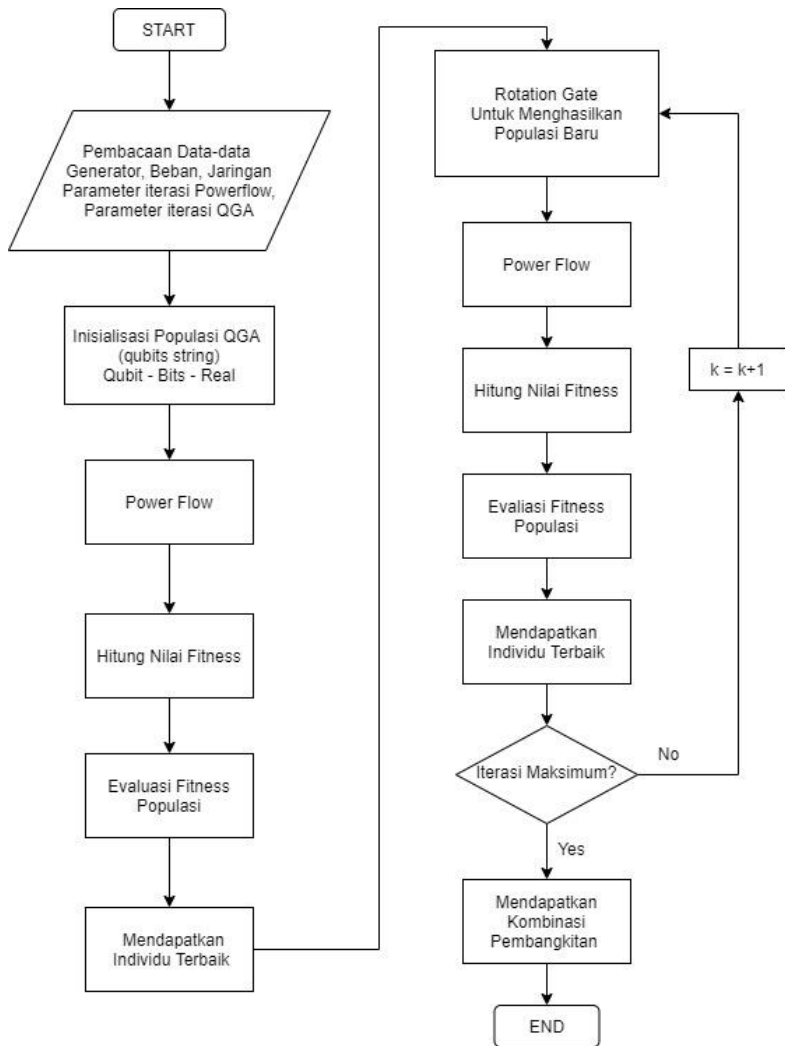
2. Hitung  $P_i^k$  dan  $Q_i^k$  dengan persamaan (2.4) dan (2.5) serta  $\Delta P_i^{(k)}$  dan  $\Delta Q_i^{(k)}$  dengan persamaan (2.7) dan (2.8) untuk bus beban sedangkan pada generator bus hanya menghitung  $P_i^k$  dan  $\Delta P_i^{(k)}$  dengan persamaan (2.4) dan (2.7).
3. Hitung elemen-elemen matriks jacobian ( $J_1, J_2, J_3$ , dan  $J_4$ ) dengan persamaan (2.9)-(2.12)
4. Persamaan linear simultan (2.6) dapat terselesaikan dengan mengoptimalkan susunan *triangular factorization* dan eliminasi gauss.
5. Hitung nilai terbaru dari sudut fasa  $\delta_i^{(k+1)}$  dan tegangan  $|V_i^{(k+1)}|$  berdasarkan persamaan (2.13) dan (2.14). Proses akan terhenti hingga persamaan (2.15) dan (2.16) terpenuhi

### 3.4 Algoritma Metode Penelitian

#### 3.4.1 Flow Chart Penelitian

Flow chart penelitian untuk penentuan on/off pembangkit dan kapasitas optimal pembangkitan daya. Algoritma genetika quantum digunakan untuk menentukan penjadwalan pembangkitan yang menghasilkan nilai biaya paling minimum. Berikut adalah flowchartnya pada Gambar 3.2, dibawah ini :





**Gambar 3.2** Diagram alur *Unit Commitment* dengan metode QGA

### 3.4.2 Parameter QGA

Parameter yang digunakan pada metode *quantum genetic algorithm* untuk penjadwalan pembangkitan yaitu:

|   |             |
|---|-------------|
| Jumlah <i>qubit</i> perparameter        | = 8         |
| Besar <i>populasi</i> (jumlah individu) | = 100       |
| Jumlah iterasi maksimal PowerFlow       | = 5000      |
| Jumlah iterasi QGA                      | = 15        |
| Maksimal error Power Flow               | = $10^{-2}$ |

### 3.4.3 Batasan Unit Commitment

Studi *Unit Commitment* pada tugas akhir ini memperhatikan pembebanan selama 24 jam dan terdapat batasan-batasan perhitungan yang harus diperhatikan. Batasan tersebut terdapat pada sub bab 2.4.1 (Batasan Sistem) dan 2.4.2 (Batasan Lokal).

### 3.4.4 Implementasi QGA pada Penjadwalan Pembangkitan

Pengaplikasian dari metode QGA untuk melakukan penjadwalan pembangkitan dibagi menjadi beberapa langkah yaitu :

1. Atur  $t=0$
2. Inisialisasi populasi dari n-anggota populasi (qubit string)

$$(0) = \{ q_1(0), q_2(0), \dots, q_n(0) \}$$

Setiap individu terdiri dari  $k=24 \times 6 \times 8$  qubit. Angka 8 menunjukkan jumlah qubit untuk setiap parameter, angka 6 menunjukkan banyaknya generator yang dijadwalkan dan didispatch pembebanannya dan angka 24 menunjukkan pembebanan selama 24 jam. Sehingga masing-masing qbit ditunjukkan sebagai berikut :

$$q_1(0) = \left[ \begin{array}{c|c|c|c|c|c} \alpha_1(0) & \alpha_2(0) & & & & \alpha_m(0) \\ \beta_1(0) & \beta_2(0) & & & & \beta_m(0) \end{array} \right]$$

3. Inisialisai amplifikasi amplitud untuk tiap qubit string yaitu:

$$q_1(0) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \dots \\ 1 & 1 & \dots \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \dots \end{bmatrix}$$

Inisialisasi setiap qubit pada nilai  $\alpha_1(0) = \frac{1}{\sqrt{2}}$  dan  $\beta_1(0) = \frac{1}{\sqrt{2}}$  untuk mendapatkan probabilitas yang sama pada setiap *state*.

4. Buatlah secara acak sekelompok P(0) dalam biner dengan mengobservasi *state* dari Q(0)
5. Berdasarkan qubit-qubit hitung daya generator-generator pada jaringan (lihat cara menentukan Generator on/off dan transformasi qubits ke mw).
6. Rangkai matrik data bus. Evaluasi setiap P(0) ( $i = 1,2,\dots,n$ )
7. Gunakan data bus, data saluran dan beban, running program power flow. Dari hasil running power flow ini akan didapat daya yang dialirkan dari generator satu (slack bus) dan rugi daya pada saluran. Sehingga Batasan persamaan (2.19) dapat dipenuhi.
8. Ulangi proses diatas untuk setiap perubahan beban (24 jam) dan catat hasil perhitungan power flow setiap jam nya dalam sebuah matrik history.
9. Inputkan matrik history ke objective function dan lakukan perhitungan objective function untuk menghasilkan fitness dari individu ini.
10. Lakukan semua langkah diatas untuk setiap individu didalam populasi. Sehingga tiap individu mempunyai nilai fitness.
11. Cari individu dengan fitness terkecil. Individu ini adalah individu terbaik untuk iterasi saat ini
12. Berdasarkan individu terbaik ini, rangkai matrik rotasi untuk mempolarisasi qubit-qubit individu-individu lain guna mempersiapkan populasi baru yg lebih unggul untuk iterasi berikutnya (lihat cara mempolarisasi qubit).
13. Ulangi langkah diatas untuk iterasi selanjutnya sampai individu terbaiknya tidak berubah ( iterasi yang terakhir)

### 3.4.5 Cara Menentukan *on/off* Generator dan Transformasi qubits ke MW

Buat secara acak solusi biner  $P(0)$  dengan observasi dari  $Q(0)$  :

$$P(0) = \{ p_1(0), p_2(0), \dots, p_m(0) \}$$

$m$  adalah banyaknya generator yang dipasang

Pada simulasi ini, setiap Generator dipresentasikan dengan 8 qubit (8 bilangan biner). Bilangan biner yang pertama menunjukkan status Generator (*on* atau *off*). Jika bilangan biner 0 menunjukkan Generator *off* dan sebaliknya jika bilangan binernya 1 menunjukkan Generator *on*. Daya yang dibangkitkan oleh Generator dipresentasikan oleh 7 bilangan biner yang berikutnya, berdasarkan Batasan kapasitas Generator ( $P_{min}$  dan  $P_{max}$ ) [1].

Daya nyata pada masing-masing generator akan ditentukan secara proporsional dengan  $P$  yang sesuai dikisaran  $[P_{min} - P_{max}]$  dengan cara :

$$X = P_{min} + \Delta$$

$$\Delta = \frac{\text{Batas Atas}}{\text{Batas Bawah}} \times (P_{max} - P_{min})$$

Untuk batas atas dan batas bawah, contohnya:

|   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|

Batas Atas = 2

Batas Bawah = 127

### 3.4.6 Cara Mempolarisasi Qubit untuk Membangkitkan Qubit yang Baru.

Bangkitkan populasi berikutnya dari populasi saat ini dengan memutar setiap anggota populasi, sehingga setiap anggota populasi (individu) mendekati kearah individu yang paling baik [1]. Rotasi dilakukan dengan rotator matrik (rotation gate) seperti persamaan berikut:

$$\begin{bmatrix} \alpha_j(t+1) \\ \beta_j(t+1) \end{bmatrix} = R_i(t) \times \begin{bmatrix} \alpha_j \\ \beta_j \end{bmatrix} \quad (j = 1, 2, \dots)$$

$$R_i(t) = \begin{bmatrix} \cos \Delta\theta_i & -\sin \Delta\theta_i \\ \sin \Delta\theta_i & \cos \Delta\theta_i \end{bmatrix} \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

$$\Delta\theta_i = \Delta f_i \times \text{sign}(\alpha_b - \alpha_j) \times \text{sign}[(\beta_b \times \sin \Delta f_i - \alpha_b \times (1 - \cos \Delta f_i))]$$

Dimana,

$$\Delta f_i = \pi \times \left(1 - \frac{f(b)}{f(p_i(t))}\right) \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

$$\text{sign}(\alpha_b - \alpha_j) = \begin{cases} +1 & \text{if } \alpha_b \geq \alpha_j \\ -1 & \text{if } \alpha_b < \alpha_j \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \text{sign}[(\beta_b \times \sin \Delta f_i - \alpha_b \times (1 - \cos \Delta f_i))] \\ = \begin{cases} +1 & \text{if } \beta_b \times \sin \Delta f_i - \alpha_b \geq (1 - \cos \Delta f_i) \\ -1 & \text{if } \beta_b \times \sin \Delta f_i - \alpha_b < (1 - \cos \Delta f_i) \end{cases} \end{aligned}$$

Hitung fungsi tujuannya (objective function) dan simpan nilai fitnessnya. Fungsi tujuan adalah mencari biaya pembangkitan yang termurah selama 24 jam.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB IV**

### **SIMULASI HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan dibahas hasil simulasi program *Quantum Genetic Algorithm* (QGA) untuk menyelesaikan operasi *unit commitment* (UC) dan menghasilkan total biaya pembangkitan paling minimum.

#### **4.1 Sistem IEEE 30 Bus**

Pada topik tugas akhir ini, sistem yang digunakan adalah sistem IEEE 30 bus dengan 6 pembangkit thermal. Dengan data yang diketahui pada sub bab 3.2 (Pengumpulan Data).

#### **4.2 Performa Komputasi**

Simulasi program menggunakan computer dengan spesifikasi yang terdapat pada table 4.1.

**Tabel 4.1 Performa Komputasi**

| <b>Parameter</b>         | <b>Spesifikasi</b>                 |
|--------------------------|------------------------------------|
| <b>Processor Unit</b>    | Intel Core i5-6200U, Up to 2.0 GHz |
| <b>RAM</b>               | 4.0 GB                             |
| <b>Sistem Operasi</b>    | Windows 10 64-bit                  |
| <b>Software Simulasi</b> | Matlab R2016a                      |

#### **4.3 Hasil Simulasi**

Pada subbab ini akan dibahas hasil simulasi program *Unit Commitment* menggunakan metode QGA dan hasil simulasi program *Unit Commitment* menggunakan metode *Genetic Algorithm*. Program tersebut melakukan simulasi pada sistem IEEE 30 bus untuk pembebanan selama 24 jam dengan mengabaikan beban reaktif (Q).

### 4.3.1 Hasil Simulasi UC Dengan Metode QGA

Simulasi *Unit Commitment* dengan metode *Quantum Genetic Algorithm* yang dilakukan pada sistem IEEE 30 bus dengan beban yang berubah-ubah selama 24 jam.

#### 1. Kombinasi Pembangkitan

Tabel 4.2 merupakan kombinasi pembangkitan selama 24 jam.

**Tabel 4.2 Kombinasi Pembangkitan metode QGA**

| <i>Hour</i> | <i>Gen1</i> | <i>Gen2</i> | <i>Gen3</i> | <i>Gen4</i> | <i>Gen5</i> | <i>Gen6</i> |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1           | 1           | 1           | 1           | 0           | 0           | 0           |
| 2           | 1           | 1           | 1           | 0           | 0           | 0           |
| 3           | 1           | 1           | 1           | 0           | 0           | 0           |
| 4           | 1           | 1           | 1           | 1           | 0           | 0           |
| 5           | 1           | 1           | 1           | 1           | 0           | 0           |
| 6           | 1           | 1           | 1           | 1           | 0           | 0           |
| 7           | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 0           |
| 8           | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 0           |
| 9           | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 0           |
| 10          | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 0           |
| 11          | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 0           |
| 12          | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 0           |
| 13          | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           |
| 14          | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           |
| 15          | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           |
| 16          | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           |
| 17          | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           |
| 18          | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           |
| 19          | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           |
| 20          | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           |
| 21          | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           |



| <b>Hour</b> | <b>Gen1</b> | <b>Gen2</b> | <b>Gen3</b> | <b>Gen4</b> | <b>Gen5</b> | <b>Gen6</b> |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>22</b>   | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 0           |
| <b>23</b>   | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 0           |
| <b>24</b>   | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 0           |

2. Pembangkitan daya tiap generator

Tabel 4.3 merupakan pembangkitan daya aktif pada 6 generator selama 24 jam

**Tabel 4.3 Daya keluaran generator metode QGA**

| <b>Hour</b> | <b>Gen1<br/>(MW)</b> | <b>Gen2<br/>(MW)</b> | <b>Gen3<br/>(MW)</b> | <b>Gen4<br/>(MW)</b> | <b>Gen5<br/>(MW)</b> | <b>Gen6<br/>(MW)</b> |
|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <b>1</b>    | 99,959               | 80                   | 44,164               | 0                    | 0                    | 0                    |
| <b>2</b>    | 99,695               | 80                   | 29,748               | 0                    | 0                    | 0                    |
| <b>3</b>    | 99,488               | 80                   | 27,839               | 0                    | 0                    | 0                    |
| <b>4</b>    | 99,248               | 80                   | 17,587               | 23,092               | 0                    | 0                    |
| <b>5</b>    | 99,450               | 80                   | 26,155               | 28,591               | 0                    | 0                    |
| <b>6</b>    | 99,834               | 80                   | 23,497               | 27,206               | 0                    | 0                    |
| <b>7</b>    | 99,071               | 80                   | 15,491               | 33,729               | 19,292               | 0                    |
| <b>8</b>    | 99,875               | 80                   | 21,330               | 34,789               | 28,770               | 0                    |
| <b>9</b>    | 99,098               | 80                   | 27,964               | 35                   | 29,182               | 0                    |
| <b>10</b>   | 99,098               | 80                   | 27,964               | 35                   | 29,182               | 0                    |
| <b>11</b>   | 99,499               | 80                   | 18,718               | 33,009               | 18,474               | 0                    |
| <b>12</b>   | 99,101               | 80                   | 17,662               | 35                   | 22,083               | 0                    |
| <b>13</b>   | 99,867               | 80                   | 30,657               | 35                   | 30                   | 19,719               |
| <b>14</b>   | 99,146               | 80                   | 29,121               | 35                   | 30                   | 17,619               |
| <b>15</b>   | 99,132               | 80                   | 24,763               | 35                   | 28,867               | 18,719               |
| <b>16</b>   | 99,036               | 80                   | 23,218               | 35                   | 27,275               | 13,220               |
| <b>17</b>   | 99,346               | 80                   | 36,423               | 35                   | 30                   | 20,849               |
| <b>18</b>   | 99,933               | 80                   | 50,000               | 35                   | 30                   | 31,299               |

| <i>Hour</i> | <b>Gen1<br/>(MW)</b> | <b>Gen2<br/>(MW)</b> | <b>Gen3<br/>(MW)</b> | <b>Gen4<br/>(MW)</b> | <b>Gen5<br/>(MW)</b> | <b>Gen6<br/>(MW)</b> |
|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <b>19</b>   | 99,952               | 80                   | 50,000               | 35                   | 30                   | 33,909               |
| <b>20</b>   | 99,368               | 80                   | 50,000               | 35                   | 30                   | 25,139               |
| <b>21</b>   | 99,248               | 80                   | 38,477               | 35                   | 30                   | 19,147               |
| <b>22</b>   | 98,893               | 80                   | 36,053               | 35                   | 30                   | 0                    |
| <b>23</b>   | 98,963               | 80                   | 23,030               | 35                   | 22,770               | 0                    |
| <b>24</b>   | 98,975               | 80                   | 18,846               | 33,716               | 18,162               | 0                    |

### 3. Biaya Pembangkitan Selama 24 Jam

Tabel 4.4 merupakan biaya pembangkitan daya untuk pembebanan 24 jam. Terdapat 6 generator pada sistem, dan pada kondisi awal hanya ada 2 generator menyala.

**Tabel 4.4** Biaya pembangkitan metode QGA

| <i>Hour</i> | <i>Production<br/>Cost<br/>(\$)</i> | <i>Start-<br/>Up Cost<br/>(\$)</i> | <i>Shut<br/>Down<br/>Cost<br/>(\$)</i> | <i>Total<br/>Cost<br/>(\$)</i> |
|-------------|-------------------------------------|------------------------------------|--|--------------------------------|
| <b>1</b>    | 670,641                             | 70                                 | 0                                      | 740,641                        |
| <b>2</b>    | 600,029                             | 0                                  | 0                                      | 600,029                        |
| <b>3</b>    | 590,986                             | 0                                  | 0                                      | 590,986                        |
| <b>4</b>    | 604,332                             | 70                                 | 0                                      | 674,332                        |
| <b>5</b>    | 654,703                             | 0                                  | 0                                      | 654,703                        |
| <b>6</b>    | 640,723                             | 0                                  | 0                                      | 640,723                        |
| <b>7</b>    | 682,337                             | 80                                 | 0                                      | 762,337                        |
| <b>8</b>    | 745,504                             | 0                                  | 0                                      | 745,504                        |
| <b>9</b>    | 773,676                             | 0                                  | 0                                      | 773,676                        |
| <b>10</b>   | 773,676                             | 0                                  | 0                                      | 773,676                        |
| <b>11</b>   | 691,108                             | 0                                  | 0                                      | 691,108                        |

Lanjutan Tabel 4.4

| <i>Hour</i> | <i>Production Cost (\$)</i> | <i>Start-Up Cost (\$)</i> | <i>Shut Down Cost (\$)</i> | <i>Total Cost (\$)</i> |
|-------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------|
| <b>12</b>   | 704,180                     | 0                         | 0                          | 704,180                |
| <b>13</b>   | 859,393                     | 110                       | 0                          | 969,393                |
| <b>14</b>   | 838,608                     | 0                         | 0                          | 838,608                |
| <b>15</b>   | 821,221                     | 0                         | 0                          | 821,221                |
| <b>16</b>   | 780,802                     | 0                         | 0                          | 780,802                |
| <b>17</b>   | 891,790                     | 0                         | 0                          | 891,790                |
| <b>18</b>   | 1042,032                    | 0                         | 0                          | 1042,032               |
| <b>19</b>   | 1065,970                    | 0                         | 0                          | 1065,970               |
| <b>20</b>   | 990,863                     | 0                         | 0                          | 990,863                |
| <b>21</b>   | 891,170                     | 0                         | 0                          | 891,170                |
| <b>22</b>   | 813,580                     | 0                         | 0                          | 813,580                |
| <b>23</b>   | 746,699                     | 0                         | 0                          | 746,699                |
| <b>24</b>   | 691,095                     | 0                         | 0                          | 691,095                |

Tabel 4.5 Total biaya pembangkitan metode QGA

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| <b>Total Biaya Pembangkitan (\$)</b> | 18895,090 |
| <b>Biaya Produksi 24 jam (\$)</b>    | 18565,090 |
| <b>Start Up Cost 24 jam (\$)</b>     | 330       |

4. Cadangan Berputar Tiap Generator Selama 24 jam

Tabel 4.6 merupakan cadangan berputar pada tiap generator yang menyala selama 24 jam.

**Tabel 4.6 Cadangan berputar generator metode QGA**

| <i>Hour</i> | Generator (MW) |   |       |       |       |       | Total<br>(MW) |
|-------------|----------------|---|-------|-------|-------|-------|---------------|
|             | 1              | 2 | 3     | 4     | 5     | 6     |               |
| 1           | 0,04           | 0 | 5,84  | 0     | 0     | 0     | 5,88          |
| 2           | 0,31           | 0 | 20,25 | 0     | 0     | 0     | 20,56         |
| 3           | 0,51           | 0 | 22,36 | 0     | 0     | 0     | 22,67         |
| 4           | 0,75           | 0 | 32,41 | 11,91 | 0     | 0     | 45,07         |
| 5           | 0,55           | 0 | 23,84 | 6,41  | 0     | 0     | 30,80         |
| 6           | 0,17           | 0 | 26,5  | 7,79  | 0     | 0     | 34,46         |
| 7           | 0,93           | 0 | 34,51 | 1,27  | 10,71 | 0     | 47,42         |
| 8           | 0,13           | 0 | 28,67 | 0,21  | 1,23  | 0     | 30,24         |
| 9           | 0,90           | 0 | 22,04 | 0     | 0,82  | 0     | 23,76         |
| 10          | 0,90           | 0 | 22,04 | 0     | 0,82  | 0     | 23,76         |
| 11          | 0,50           | 0 | 31,28 | 1,99  | 11,53 | 0     | 45,30         |
| 12          | 0,90           | 0 | 32,34 | 0     | 7,92  | 0     | 41,15         |
| 13          | 0,13           | 0 | 19,34 | 0     | 0     | 20,28 | 39,76         |
| 14          | 0,85           | 0 | 20,88 | 0     | 0     | 22,38 | 44,11         |
| 15          | 0,87           | 0 | 25,24 | 0     | 1,13  | 21,28 | 48,52         |
| 16          | 0,96           | 0 | 26,78 | 0     | 2,72  | 26,78 | 57,25         |
| 17          | 0,65           | 0 | 13,38 | 0     | 0     | 19,15 | 24,38         |
| 18          | 0,07           | 0 | 0     | 0     | 0     | 8,70  | 8,77          |
| 19          | 0,25           | 0 | 0     | 0     | 0     | 6,09  | 6,14          |
| 20          | 0,63           | 0 | 0     | 0     | 0     | 14,86 | 15,49         |
| 21          | 0,75           | 0 | 11,55 | 0     | 0     | 20,85 | 33,16         |
| 22          | 1,11           | 0 | 13,95 | 0     | 0     | 0     | 15,05         |
| 23          | 1,04           | 0 | 26,97 | 0     | 7,23  | 0     | 30,24         |
| 24          | 1,02           | 0 | 31,05 | 1,28  | 7,84  | 0     | 45,30         |

## 5. Tegangan Tiap Bus

Tabel 4.7 sampai Tabel 4.10 merupakan kondisi tegangan pada tiap bus selama pembebanan 24 jam.

**Tabel 4.7 Tegangan tiap bus pada jam 1 – 6 metode QGA**

| Bus | Hour  |       |       |       |       |       |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
| 1   | 1,040 | 1,040 | 1,040 | 1,040 | 1,040 | 1,040 |
| 2   | 1,043 | 1,043 | 1,043 | 1,043 | 1,043 | 1,043 |
| 3   | 1,024 | 1,026 | 1,026 | 1,025 | 1,023 | 1,023 |
| 4   | 1,020 | 1,022 | 1,022 | 1,020 | 1,018 | 1,019 |
| 5   | 1,033 | 1,034 | 1,035 | 1,033 | 1,032 | 1,033 |
| 6   | 1,018 | 1,020 | 1,020 | 1,018 | 1,016 | 1,017 |
| 7   | 1,020 | 1,022 | 1,022 | 1,021 | 1,019 | 1,019 |
| 8   | 1,015 | 1,017 | 1,018 | 1,016 | 1,013 | 1,014 |
| 9   | 1,016 | 1,017 | 1,017 | 1,016 | 1,015 | 1,015 |
| 10  | 1,016 | 1,017 | 1,017 | 1,016 | 1,016 | 1,016 |
| 11  | 1,016 | 1,017 | 1,017 | 1,016 | 1,015 | 1,015 |
| 12  | 1,027 | 1,028 | 1,028 | 1,027 | 1,027 | 1,027 |
| 13  | 1,041 | 1,041 | 1,041 | 1,041 | 1,041 | 1,041 |
| 14  | 1,015 | 1,016 | 1,016 | 1,016 | 1,015 | 1,015 |
| 15  | 1,011 | 1,012 | 1,012 | 1,011 | 1,010 | 1,011 |
| 16  | 1,019 | 1,019 | 1,020 | 1,019 | 1,018 | 1,018 |
| 17  | 1,015 | 1,015 | 1,015 | 1,015 | 1,014 | 1,014 |
| 18  | 1,005 | 1,006 | 1,006 | 1,005 | 1,004 | 1,004 |
| 19  | 1,003 | 1,004 | 1,004 | 1,003 | 1,002 | 1,002 |
| 20  | 1,006 | 1,007 | 1,007 | 1,006 | 1,005 | 1,005 |
| 21  | 1,002 | 1,002 | 1,002 | 1,002 | 1,002 | 1,002 |
| 22  | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 23  | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 24  | 0,998 | 0,998 | 0,998 | 0,998 | 0,998 | 0,998 |
| 25  | 0,996 | 0,997 | 0,997 | 0,997 | 0,996 | 0,996 |
| 26  | 0,986 | 0,987 | 0,987 | 0,987 | 0,986 | 0,986 |
| 27  | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 28  | 1,016 | 1,018 | 1,018 | 1,017 | 1,015 | 1,015 |

**Lanjutan Tabel 4.7**

| Bus | Hour  |       |       |       |       |       |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
| 29  | 0,984 | 0,985 | 0,985 | 0,984 | 0,983 | 0,983 |
| 30  | 0,973 | 0,975 | 0,975 | 0,974 | 0,972 | 0,973 |

**Tabel 4.8 Tegangan tiap bus pada jam 7 – 12 metode QGA**

| Bus | Hour  |       |       |       |       |       |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
| 1   | 1,040 | 1,040 | 1,040 | 1,040 | 1,040 | 1,040 |
| 2   | 1,043 | 1,043 | 1,043 | 1,043 | 1,043 | 1,043 |
| 3   | 1,021 | 1,019 | 1,018 | 1,018 | 1,021 | 1,024 |
| 4   | 1,016 | 1,014 | 1,013 | 1,013 | 1,016 | 1,020 |
| 5   | 1,031 | 1,030 | 1,029 | 1,029 | 1,031 | 1,033 |
| 6   | 1,014 | 1,012 | 1,011 | 1,011 | 1,013 | 1,018 |
| 7   | 1,017 | 1,014 | 1,013 | 1,013 | 1,016 | 1,020 |
| 8   | 1,011 | 1,008 | 1,007 | 1,007 | 1,010 | 1,015 |
| 9   | 1,014 | 1,012 | 1,012 | 1,012 | 1,013 | 1,016 |
| 10  | 1,015 | 1,015 | 1,015 | 1,015 | 1,015 | 1,016 |
| 11  | 1,014 | 1,012 | 1,012 | 1,012 | 1,013 | 1,016 |
| 12  | 1,026 | 1,025 | 1,025 | 1,025 | 1,026 | 1,027 |
| 13  | 1,041 | 1,041 | 1,041 | 1,041 | 1,041 | 1,041 |
| 14  | 1,014 | 1,013 | 1,012 | 1,012 | 1,013 | 1,015 |
| 15  | 1,010 | 1,009 | 1,008 | 1,008 | 1,009 | 1,011 |
| 16  | 1,018 | 1,017 | 1,016 | 1,016 | 1,017 | 1,019 |
| 17  | 1,014 | 1,013 | 1,012 | 1,012 | 1,013 | 1,015 |
| 18  | 1,003 | 1,001 | 1,001 | 1,001 | 1,002 | 1,005 |
| 19  | 1,001 | 0,999 | 0,999 | 0,999 | 1,000 | 1,003 |
| 20  | 1,004 | 1,003 | 1,002 | 1,002 | 1,004 | 1,006 |
| 21  | 1,002 | 1,002 | 1,002 | 1,002 | 1,002 | 1,002 |
| 22  | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 23  | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 24  | 0,997 | 0,997 | 0,997 | 0,997 | 0,997 | 0,998 |

**Lanjutan Tabel 4.8**

| Bus | <i>Hour</i> |       |       |       |       |       |
|-----|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     | 7           | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
| 25  | 0,996       | 0,996 | 0,995 | 0,995 | 0,996 | 0,996 |
| 26  | 0,985       | 0,984 | 0,983 | 0,983 | 0,984 | 0,986 |
| 27  | 1,000       | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 28  | 1,013       | 1,010 | 1,009 | 1,009 | 1,012 | 1,106 |
| 29  | 0,982       | 0,981 | 0,980 | 0,980 | 0,982 | 0,984 |
| 30  | 0,971       | 0,969 | 0,968 | 0,968 | 0,970 | 0,973 |

**Tabel 4.9 Tegangan tiap bus pada jam 13 – 18 metode QGA**

| Bus | <i>Hour</i> |       |       |       |       |       |
|-----|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     | 13          | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    |
| 1   | 1,040       | 1,040 | 1,040 | 1,040 | 1,040 | 1,040 |
| 2   | 1,043       | 1,043 | 1,043 | 1,043 | 1,043 | 1,043 |
| 3   | 1,015       | 1,016 | 1,016 | 1,017 | 1,013 | 1,011 |
| 4   | 1,010       | 1,010 | 1,011 | 1,012 | 1,007 | 1,005 |
| 5   | 1,027       | 1,027 | 1,028 | 1,028 | 1,025 | 1,024 |
| 6   | 1,007       | 1,008 | 1,008 | 1,010 | 1,004 | 1,002 |
| 7   | 1,009       | 1,010 | 1,011 | 1,012 | 1,007 | 1,004 |
| 8   | 1,003       | 1,004 | 1,005 | 1,006 | 1,000 | 0,997 |
| 9   | 1,010       | 1,010 | 1,010 | 1,011 | 1,008 | 1,007 |
| 10  | 1,014       | 1,014 | 1,014 | 1,014 | 1,013 | 1,013 |
| 11  | 1,010       | 1,010 | 1,010 | 1,011 | 1,008 | 1,007 |
| 12  | 1,024       | 1,024 | 1,024 | 1,025 | 1,023 | 1,022 |
| 13  | 1,041       | 1,041 | 1,041 | 1,041 | 1,041 | 1,041 |
| 14  | 1,011       | 1,011 | 1,011 | 1,012 | 1,010 | 1,009 |
| 15  | 1,007       | 1,007 | 1,007 | 1,008 | 1,006 | 1,005 |
| 16  | 1,015       | 1,015 | 1,015 | 1,016 | 1,014 | 1,013 |
| 17  | 1,011       | 1,011 | 1,012 | 1,012 | 1,010 | 1,009 |
| 18  | 0,998       | 0,999 | 0,999 | 1,000 | 0,997 | 0,996 |
| 19  | 0,996       | 0,997 | 0,997 | 0,998 | 0,995 | 0,993 |
| 20  | 1,000       | 1,001 | 1,001 | 1,002 | 0,999 | 0,997 |

**Lanjutan Tabel 4.9**

| Bus | Hour  |       |       |       |       |       |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    |
| 21  | 1,001 | 1,001 | 1,001 | 1,001 | 1,001 | 1,001 |
| 22  | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 23  | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 24  | 0,996 | 0,996 | 0,996 | 0,996 | 0,996 | 0,995 |
| 25  | 0,995 | 0,995 | 0,995 | 0,995 | 0,995 | 0,994 |
| 26  | 0,982 | 0,982 | 0,982 | 0,983 | 0,981 | 0,979 |
| 27  | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 28  | 1,005 | 1,006 | 1,006 | 1,008 | 1,003 | 1,000 |
| 29  | 0,979 | 0,979 | 0,979 | 0,980 | 0,977 | 0,976 |
| 30  | 0,965 | 0,965 | 0,966 | 0,967 | 0,963 | 0,961 |

**Tabel 4.10 Tegangan tiap bus pada jam 19 – 24 metode QGA**

| Bus | Hour  |       |       |       |       |       |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     | 19    | 20    | 21    | 22    | 23    | 24    |
| 1   | 1,040 | 1,040 | 1,040 | 1,040 | 1,040 | 1,040 |
| 2   | 1,043 | 1,043 | 1,043 | 1,043 | 1,043 | 1,043 |
| 3   | 1,010 | 1,012 | 1,014 | 1,017 | 1,019 | 1,021 |
| 4   | 1,004 | 1,006 | 1,009 | 1,012 | 1,014 | 1,016 |
| 5   | 1,024 | 1,024 | 1,026 | 1,028 | 1,030 | 1,031 |
| 6   | 1,001 | 1,003 | 1,006 | 1,009 | 1,012 | 1,014 |
| 7   | 1,004 | 1,005 | 1,008 | 1,012 | 1,014 | 1,016 |
| 8   | 0,997 | 0,999 | 1,002 | 1,006 | 1,008 | 1,011 |
| 9   | 1,006 | 1,007 | 1,009 | 1,011 | 1,012 | 1,014 |
| 10  | 1,012 | 1,013 | 1,014 | 1,014 | 1,015 | 1,015 |
| 11  | 1,006 | 1,007 | 1,009 | 1,011 | 1,012 | 1,014 |
| 12  | 1,022 | 1,023 | 1,024 | 1,025 | 1,025 | 1,026 |
| 13  | 1,041 | 1,041 | 1,041 | 1,041 | 1,041 | 1,041 |
| 14  | 1,008 | 1,009 | 1,010 | 1,012 | 1,013 | 1,014 |
| 15  | 1,005 | 1,005 | 1,006 | 1,008 | 1,009 | 1,010 |
| 16  | 1,013 | 1,013 | 1,014 | 1,016 | 1,017 | 1,017 |



**Lanjutan Tabel 4.10**

| <b>Bus</b> | <i>Hour</i> |           |           |           |           |           |
|------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|            | <b>19</b>   | <b>20</b> | <b>21</b> | <b>22</b> | <b>23</b> | <b>24</b> |
| <b>17</b>  | 1,009       | 1,010     | 1,011     | 1,012     | 1,013     | 1,013     |
| <b>18</b>  | 0,995       | 0,996     | 0,998     | 1,000     | 1,001     | 1,002     |
| <b>19</b>  | 0,993       | 0,994     | 0,996     | 0,998     | 0,999     | 1,001     |
| <b>20</b>  | 0,997       | 0,998     | 1,000     | 1,001     | 1,003     | 1,004     |
| <b>21</b>  | 1,001       | 1,001     | 1,001     | 1,001     | 1,002     | 1,002     |
| <b>22</b>  | 1,000       | 1,000     | 1,000     | 1,000     | 1,000     | 1,000     |
| <b>23</b>  | 1,000       | 1,000     | 1,000     | 1,000     | 1,000     | 1,000     |
| <b>24</b>  | 0,995       | 0,995     | 0,996     | 0,996     | 0,997     | 0,997     |
| <b>25</b>  | 0,994       | 0,994     | 0,995     | 0,995     | 0,996     | 0,996     |
| <b>26</b>  | 0,979       | 0,980     | 0,981     | 0,983     | 0,984     | 0,985     |
| <b>27</b>  | 1,000       | 1,000     | 1,000     | 1,000     | 1,000     | 1,000     |
| <b>28</b>  | 0,999       | 1,001     | 1,004     | 1,008     | 1,010     | 1,012     |
| <b>29</b>  | 0,976       | 0,977     | 0,978     | 0,980     | 0,981     | 0,982     |
| <b>30</b>  | 0,961       | 0,962     | 0,964     | 0,967     | 0,969     | 0,970     |

### 4.3.2 Hasil Simulasi UC Dengan Metode Genetic Algorithm

Simulasi *Unit Commitment* dengan metode *Genetic Algorithm* yang dilakukan pada sistem IEEE 30 bus dengan beban yang berubah-ubah selama 24 jam.

1. Kombinasi Pembangkitan

Tabel 4.11 merupakan kombinasi pembangkitan selama 24 jam.

**Tabel 4.11 Kombinasi Pembangkitan metode GA**

| <i>Hour</i> | <i>Gen1</i> | <i>Gen2</i> | <i>Gen3</i> | <i>Gen4</i> | <i>Gen5</i> | <i>Gen6</i> |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 0           | 0           |
| 2           | 1           | 1           | 1           | 1           | 0           | 0           |
| 3           | 1           | 1           | 1           | 1           | 0           | 0           |
| 4           | 1           | 1           | 1           | 1           | 0           | 0           |
| 5           | 1           | 1           | 1           | 1           | 0           | 0           |
| 6           | 1           | 1           | 1           | 1           | 0           | 0           |
| 7           | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 0           |
| 8           | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 0           |
| 9           | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 0           |
| 10          | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 0           |
| 11          | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 0           |
| 12          | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 0           |
| 13          | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           |
| 14          | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           |
| 15          | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           |
| 16          | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           |
| 17          | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           |
| 18          | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           |
| 19          | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           |
| 20          | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           |
| 21          | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           |

| <i>Hour</i> | <b>Gen1</b> | <b>Gen2</b> | <b>Gen3</b> | <b>Gen4</b> | <b>Gen5</b> | <b>Gen6</b> |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>22</b>   | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 0           |
| <b>23</b>   | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 0           |
| <b>24</b>   | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 0           |

2. Pembangkitan daya tiap generator

Tabel 4.12 merupakan pembangkitan daya aktif pada 6 generator selama 24 jam

**Tabel 4.12 Daya keluaran generator metode GA**

| <i>Hour</i> | <b>Gen1<br/>(MW)</b> | <b>Gen2<br/>(MW)</b> | <b>Gen3<br/>(MW)</b> | <b>Gen4<br/>(MW)</b> | <b>Gen5<br/>(MW)</b> | <b>Gen6<br/>(MW)</b> |
|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <b>1</b>    | 99,803               | 80                   | 20,342               | 23,975               | 0                    | 0                    |
| <b>2</b>    | 99,756               | 80                   | 15,882               | 13,802               | 0                    | 0                    |
| <b>3</b>    | 99,289               | 80                   | 16,159               | 11,882               | 0                    | 0                    |
| <b>4</b>    | 99,836               | 80                   | 17,878               | 22,216               | 0                    | 0                    |
| <b>5</b>    | 99,672               | 80                   | 26,937               | 27,591               | 0                    | 0                    |
| <b>6</b>    | 99,901               | 80                   | 24,996               | 25,643               | 0                    | 0                    |
| <b>7</b>    | 99,979               | 80                   | 15,518               | 33,7524              | 18,3306              | 0                    |
| <b>8</b>    | 99,738               | 80                   | 22,05                | 33,985               | 28,987               | 0                    |
| <b>9</b>    | 99,715               | 80                   | 27,568               | 35                   | 28,957               | 0                    |
| <b>10</b>   | 99,715               | 80                   | 27,568               | 35                   | 28,957               | 0                    |
| <b>11</b>   | 99,824               | 80                   | 16,376               | 33,948               | 19,552               | 0                    |
| <b>12</b>   | 99,683               | 80                   | 18,824               | 35                   | 20,333               | 0                    |
| <b>13</b>   | 99,926               | 80                   | 26,328               | 35                   | 30                   | 23,986               |
| <b>14</b>   | 99,774               | 80                   | 23,657               | 33,856               | 29,739               | 23,864               |
| <b>15</b>   | 99,985               | 80                   | 21,616               | 33,532               | 29,598               | 21,749               |
| <b>16</b>   | 99,402               | 80                   | 22,784               | 32,492               | 27,841               | 15,231               |
| <b>17</b>   | 99,956               | 80                   | 36,039               | 35                   | 30                   | 20,625               |
| <b>18</b>   | 99,738               | 80                   | 50                   | 35                   | 30                   | 31,492               |

| <i>Hour</i> | <b>Gen1<br/>(MW)</b> | <b>Gen2<br/>(MW)</b> | <b>Gen3<br/>(MW)</b> | <b>Gen4<br/>(MW)</b> | <b>Gen5<br/>(MW)</b> | <b>Gen6<br/>(MW)</b> |
|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <b>19</b>   | 99,973               | 80                   | 50                   | 35                   | 30                   | 33,887               |
| <b>20</b>   | 99,459               | 80                   | 50                   | 35                   | 30                   | 25,051               |
| <b>21</b>   | 99,912               | 80                   | 36,351               | 35                   | 30                   | 20,577               |
| <b>22</b>   | 99,592               | 80                   | 36,145               | 34,716               | 29,497               | 0                    |
| <b>23</b>   | 99,734               | 80                   | 22,97                | 34,587               | 27,469               | 0                    |
| <b>24</b>   | 99,763               | 80                   | 16,192               | 34,472               | 19,273               | 0                    |

### 3. Biaya Pembangkitan Selama 24 Jam

Tabel 4.13 merupakan biaya pembangkitan daya untuk pembebanan 24 jam. Terdapat 6 generator pada sistem, dan pada kondisi awal hanya ada 2 generator menyala.

**Tabel 4.13 Biaya pembangkitan metode GA**

| <i>Hour</i> | <i>Production<br/>Cost<br/>(\$)</i> | <i>Start-<br/>Up Cost<br/>(\$)</i> | <i>Shut<br/>Down<br/>Cost<br/>(\$)</i> | <i>Total<br/>Cost<br/>(\$)</i> |
|-------------|-------------------------------------|------------------------------------|--|--------------------------------|
| <b>1</b>    | 619,067                             | 140                                | 0                                      | 739,067                        |
| <b>2</b>    | 575,424                             | 0                                  | 0                                      | 575,424                        |
| <b>3</b>    | 570,463                             | 0                                  | 0                                      | 570,463                        |
| <b>4</b>    | 604,776                             | 0                                  | 0                                      | 604,776                        |
| <b>5</b>    | 655,978                             | 0                                  | 0                                      | 655,978                        |
| <b>6</b>    | 643,017                             | 0                                  | 0                                      | 643,017                        |
| <b>7</b>    | 681,687                             | 80                                 | 0                                      | 761,687                        |
| <b>8</b>    | 746,657                             | 0                                  | 0                                      | 746,657                        |
| <b>9</b>    | 772,742                             | 0                                  | 0                                      | 772,742                        |
| <b>10</b>   | 772,742                             | 0                                  | 0                                      | 772,742                        |
| <b>11</b>   | 689,280                             | 0                                  | 0                                      | 689,280                        |

Lanjutan Tabel 4.13

| <i>Hour</i> | <i>Production Cost (\$)</i> | <i>Start-Up Cost (\$)</i> | <i>Shut Down Cost (\$)</i> | <i>Total Cost (\$)</i> |
|-------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------|
| <b>12</b>   | 704,094                     | 0                         | 0                          | 704,094                |
| <b>13</b>   | 867,978                     | 110                       | 0                          | 977,978                |
| <b>14</b>   | 851,085                     | 0                         | 0                          | 851,085                |
| <b>15</b>   | 827,585                     | 0                         | 0                          | 827,585                |
| <b>16</b>   | 784,308                     | 0                         | 0                          | 784,308                |
| <b>17</b>   | 890,232                     | 0                         | 0                          | 890,232                |
| <b>18</b>   | 1043,207                    | 0                         | 0                          | 1043,207               |
| <b>19</b>   | 1065,820                    | 0                         | 0                          | 1065,820               |
| <b>20</b>   | 990,475                     | 0                         | 0                          | 990,475                |
| <b>21</b>   | 891,316                     | 0                         | 0                          | 891,316                |
| <b>22</b>   | 813,132                     | 0                         | 0                          | 813,132                |
| <b>23</b>   | 746,203                     | 0                         | 0                          | 746,203                |
| <b>24</b>   | 688,920                     | 0                         | 0                          | 688,920                |

Tabel 4.14 Total biaya pembangkitan metode GA

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| <b>Total Biaya Pembangkitan (\$)</b> | 18826,188 |
| <b>Biaya Produksi 24 jam (\$)</b>    | 18496,188 |
| <b>Start Up Cost 24 jam (\$)</b>     | 330       |

#### 4. Tegangan Tiap Bus

Tabel 4.15 sampai Tabel 4.18 merupakan kondisi tegangan pada tiap bus selama pembebanan 24 jam.

**Tabel 4.15 Tegangan tiap bus pada jam 1 – 6 metode GA**

| Bus | Hour    |         |         |         |         |         |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|     | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       |
| 1   | 1,04    | 1,04    | 1,04    | 1,04    | 1,04    | 1,04    |
| 2   | 1,0421  | 1,04205 | 1,04205 | 1,04195 | 1,0418  | 1,04185 |
| 3   | 1,01705 | 1,0198  | 1,02    | 1,0177  | 1,0154  | 1,0158  |
| 4   | 1,0106  | 1,0137  | 1,01395 | 1,01075 | 1,00815 | 1,0091  |
| 5   | 1,0278  | 1,02965 | 1,0303  | 1,02775 | 1,02615 | 1,027   |
| 6   | 1,00835 | 1,01205 | 1,0123  | 1,0085  | 1,0056  | 1,00665 |
| 7   | 1,0114  | 1,0148  | 1,01505 | 1,012   | 1,0092  | 1,0097  |
| 8   | 1,00425 | 1,0082  | 1,009   | 1,0049  | 1,00125 | 1,0024  |
| 9   | 1,0155  | 1,0203  | 1,0206  | 1,01555 | 1,0128  | 1,01345 |
| 10  | 1,01385 | 1,0195  | 1,0198  | 1,01385 | 1,01145 | 1,01215 |
| 11  | 1,0155  | 1,0203  | 1,0206  | 1,01555 | 1,0128  | 1,01345 |
| 12  | 1,02475 | 1,02775 | 1,02805 | 1,0248  | 1,0225  | 1,0232  |
| 13  | 1,0266  | 1,02805 | 1,0283  | 1,02655 | 1,02455 | 1,02515 |
| 14  | 1,0112  | 1,01465 | 1,015   | 1,0118  | 1,00855 | 1,00935 |
| 15  | 1,00725 | 1,0108  | 1,01115 | 1,00735 | 1,0041  | 1,0054  |
| 16  | 1,0158  | 1,01965 | 1,0205  | 1,0159  | 1,01285 | 1,0136  |
| 17  | 1,0117  | 1,0166  | 1,01695 | 1,01175 | 1,00865 | 1,0094  |
| 18  | 0,99965 | 1,00445 | 1,00485 | 0,99985 | 0,9962  | 0,9971  |
| 19  | 0,9976  | 1,00295 | 1,0034  | 0,9978  | 0,99405 | 0,995   |
| 20  | 1,00115 | 1,00665 | 1,00705 | 1,0013  | 0,99775 | 0,99865 |
| 21  | 0,9999  | 1,006   | 1,00635 | 0,99995 | 0,99745 | 0,99815 |
| 22  | 0,9983  | 1,0046  | 1,0049  | 0,9983  | 0,9959  | 0,9966  |
| 23  | 0,9969  | 0,99905 | 0,9994  | 0,99695 | 0,99435 | 0,9951  |
| 24  | 0,9929  | 0,9982  | 0,99855 | 0,993   | 0,9902  | 0,99105 |
| 25  | 0,988   | 0,9945  | 0,9948  | 0,98855 | 0,98555 | 0,98625 |
| 26  | 0,9762  | 0,98325 | 0,98365 | 0,9769  | 0,97335 | 0,9742  |
| 27  | 0,9905  | 0,9967  | 0,997   | 0,9905  | 0,9884  | 0,989   |
| 28  | 1,0047  | 1,0089  | 1,00915 | 1,00535 | 1,00235 | 1,0029  |

Lanjutan Tabel 4.15

| Bus | Hour    |         |         |         |         |         |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|     | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       |
| 29  | 0,97125 | 0,97895 | 0,97935 | 0,97145 | 0,9679  | 0,9688  |
| 30  | 0,95825 | 0,96705 | 0,96755 | 0,95905 | 0,95435 | 0,95595 |

Tabel 4.16 Tegangan tiap bus pada jam 7 – 12 metode GA

| Bus | Hour    |         |         |         |         |         |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|     | 7       | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      |
| 1   | 1,04    | 1,04    | 1,04    | 1,04    | 1,04    | 1,04    |
| 2   | 1,04165 | 1,0416  | 1,0418  | 1,04165 | 1,04185 | 1,0418  |
| 3   | 1,0133  | 1,01085 | 1,0144  | 1,0127  | 1,01575 | 1,01675 |
| 4   | 1,00575 | 1,003   | 1,00755 | 1,0054  | 1,0088  | 1,01015 |
| 5   | 1,02465 | 1,023   | 1,02475 | 1,0237  | 1,02615 | 1,02675 |
| 6   | 1,00295 | 0,99985 | 1,00405 | 1,00195 | 1,00535 | 1,0071  |
| 7   | 1,00655 | 1,003   | 1,0063  | 1,00455 | 1,00845 | 1,00975 |
| 8   | 0,99835 | 0,9945  | 0,99875 | 0,9966  | 1,00085 | 1,00255 |
| 9   | 1,0103  | 1,0068  | 1,0123  | 1,00985 | 1,0132  | 1,01385 |
| 10  | 1,00875 | 1,0061  | 1,012   | 1,00935 | 1,01245 | 1,01205 |
| 11  | 1,0103  | 1,0068  | 1,0123  | 1,00985 | 1,0132  | 1,01385 |
| 12  | 1,01995 | 1,01695 | 1,02895 | 1,02435 | 1,02715 | 1,02665 |
| 13  | 1,02275 | 1,0206  | 1,0342  | 1,0295  | 1,031   | 1,0301  |
| 14  | 1,00555 | 1,002   | 1,0133  | 1,00865 | 1,01215 | 1,012   |
| 15  | 1,0016  | 0,99795 | 1,00785 | 1,0037  | 1,00735 | 1,0072  |
| 16  | 1,0105  | 1,00715 | 1,01605 | 1,01225 | 1,0157  | 1,01565 |
| 17  | 1,0063  | 1,00285 | 1,00935 | 1,0063  | 1,0101  | 1,0101  |
| 18  | 0,99285 | 0,98825 | 0,9973  | 0,9935  | 0,99785 | 0,99815 |
| 19  | 0,9906  | 0,98595 | 0,9941  | 0,99055 | 0,99515 | 0,9954  |
| 20  | 0,9945  | 0,9905  | 0,9976  | 0,99425 | 0,99915 | 0,999   |
| 21  | 0,99515 | 0,99235 | 0,99835 | 0,99565 | 0,9989  | 0,99795 |
| 22  | 0,99375 | 0,99105 | 0,99705 | 0,99435 | 0,99745 | 0,9965  |
| 23  | 0,992   | 0,9891  | 0,99735 | 0,99385 | 0,997   | 0,99595 |
| 24  | 0,9872  | 0,9841  | 0,99085 | 0,9878  | 0,99135 | 0,9908  |

**Lanjutan Tabel 4.16**

| Bus | Hour    |         |         |         |         |         |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|     | 7       | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      |
| 25  | 0,98325 | 0,98045 | 0,98495 | 0,9826  | 0,9864  | 0,9855  |
| 26  | 0,9701  | 0,96615 | 0,9707  | 0,9682  | 0,97285 | 0,97275 |
| 27  | 0,9865  | 0,9842  | 0,9882  | 0,98625 | 0,98905 | 0,9883  |
| 28  | 0,9995  | 0,99575 | 1       | 0,99785 | 1,00195 | 1,0482  |
| 29  | 0,96465 | 0,96075 | 0,9643  | 0,96215 | 0,96735 | 0,9673  |
| 30  | 0,95055 | 0,9454  | 0,94895 | 0,94665 | 0,95285 | 0,95305 |

**Tabel 4.17 Tegangan tiap bus pada jam 13 – 18 metode GA**

| Bus | Hour    |         |         |         |         |         |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|     | 13      | 14      | 15      | 16      | 17      | 18      |
| 1   | 1,04    | 1,04    | 1,04    | 1,04    | 1,04    | 1,04    |
| 2   | 1,04155 | 1,0416  | 1,04155 | 1,04155 | 1,04165 | 1,04165 |
| 3   | 1,0095  | 1,01035 | 1,0104  | 1,01155 | 1,00835 | 1,006   |
| 4   | 1,0018  | 1,0022  | 1,00275 | 1,00405 | 1,00015 | 0,9975  |
| 5   | 1,0212  | 1,02145 | 1,02205 | 1,02255 | 1,01975 | 1,0186  |
| 6   | 0,9974  | 0,9984  | 0,9985  | 1,0005  | 0,99525 | 0,99305 |
| 7   | 1       | 1,00095 | 1,00165 | 1,0031  | 0,9982  | 0,9955  |
| 8   | 0,9916  | 0,99265 | 0,99335 | 0,995   | 0,98915 | 0,98645 |
| 9   | 1,00575 | 1,0063  | 1,0065  | 1,00815 | 1,00425 | 1,00185 |
| 10  | 1,00545 | 1,0061  | 1,00635 | 1,00755 | 1,0046  | 1,00235 |
| 11  | 1,00575 | 1,0063  | 1,0065  | 1,00815 | 1,00425 | 1,00185 |
| 12  | 1,0209  | 1,0214  | 1,0216  | 1,0232  | 1,02195 | 1,0166  |
| 13  | 1,0284  | 1,02875 | 1,02775 | 1,0286  | 1,0308  | 1,0257  |
| 14  | 1,0038  | 1,00445 | 1,00535 | 1,00725 | 1,0044  | 0,99875 |
| 15  | 0,99825 | 0,99895 | 1,00035 | 1,00225 | 0,9984  | 0,99355 |
| 16  | 1,00825 | 1,00885 | 1,00915 | 1,01095 | 1,00825 | 1,00385 |
| 17  | 1,0021  | 1,0028  | 1,0036  | 1,00495 | 1,0014  | 0,998   |
| 18  | 0,98675 | 0,9881  | 0,9892  | 0,99135 | 0,98615 | 0,98145 |
| 19  | 0,9839  | 0,98525 | 0,98615 | 0,98835 | 0,9829  | 0,97795 |
| 20  | 0,9885  | 0,9898  | 0,99055 | 0,99265 | 0,9875  | 0,98295 |



**Lanjutan Tabel 4.17**

| Bus | Hour    |         |         |         |         |         |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|     | 13      | 14      | 15      | 16      | 17      | 18      |
| 21  | 0,99175 | 0,9924  | 0,9925  | 0,9938  | 0,99135 | 0,98915 |
| 22  | 0,99115 | 0,9918  | 0,9918  | 0,99305 | 0,99085 | 0,9888  |
| 23  | 0,98665 | 0,9873  | 0,99115 | 0,9925  | 0,98685 | 0,9841  |
| 24  | 0,9823  | 0,98305 | 0,9844  | 0,98585 | 0,9811  | 0,97915 |
| 25  | 0,9786  | 0,97925 | 0,9799  | 0,9812  | 0,9748  | 0,97665 |
| 26  | 0,96285 | 0,9637  | 0,96445 | 0,9666  | 0,958   | 0,95905 |
| 27  | 0,9833  | 0,9839  | 0,984   | 0,98505 | 0,9782  | 0,9828  |
| 28  | 0,99305 | 0,99405 | 0,99425 | 0,9963  | 0,99085 | 0,98925 |
| 29  | 0,95715 | 0,958   | 0,95835 | 0,9605  | 0,94995 | 0,95375 |
| 30  | 0,93965 | 0,9407  | 0,9417  | 0,94425 | 0,93175 | 0,9348  |

**Tabel 4.18 Tegangan tiap bus pada jam 19 – 24 metode GA**

| Bus | Hour    |         |         |         |         |         |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|     | 19      | 20      | 21      | 22      | 23      | 24      |
| 1   | 1,04    | 1,04    | 1,04    | 1,04    | 1,04    | 1,04    |
| 2   | 1,04155 | 1,0416  | 1,04155 | 1,04185 | 1,0418  | 1,04205 |
| 3   | 1,00785 | 1,00795 | 1,0094  | 1,0131  | 1,01455 | 1,0166  |
| 4   | 0,99985 | 0,99975 | 1,0018  | 1,00605 | 1,0076  | 1,0099  |
| 5   | 1,02    | 1,01965 | 1,02105 | 1,024   | 1,02545 | 1,027   |
| 6   | 0,99575 | 0,99585 | 0,9979  | 1,00265 | 1,00485 | 1,0075  |
| 7   | 0,99805 | 0,99795 | 1,0002  | 1,0054  | 1,0072  | 1,00985 |
| 8   | 0,9899  | 0,99005 | 0,9923  | 0,998   | 0,99985 | 1,0032  |
| 9   | 1,0046  | 1,0041  | 1,006   | 1,01095 | 1,01235 | 1,01535 |
| 10  | 1,0051  | 1,0045  | 1,0061  | 1,0104  | 1,0119  | 1,01405 |
| 11  | 1,0046  | 1,0041  | 1,006   | 1,01095 | 1,01235 | 1,01535 |
| 12  | 1,02165 | 1,01895 | 1,02035 | 1,0252  | 1,02555 | 1,02775 |
| 13  | 1,0309  | 1,0271  | 1,0276  | 1,03015 | 1,0301  | 1,03125 |
| 14  | 1,00335 | 1,00085 | 1,00275 | 1,00945 | 1,01075 | 1,01345 |
| 15  | 0,99835 | 0,99585 | 0,99765 | 1,00485 | 1,00625 | 1,009   |
| 16  | 1,00815 | 1,00595 | 1,00765 | 1,01335 | 1,0147  | 1,0168  |

**Lanjutan Tabel 4.18**

| Bus | Hour    |         |         |         |         |         |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|     | 19      | 20      | 21      | 22      | 23      | 24      |
| 17  | 1,0016  | 1,00075 | 1,0025  | 1,0077  | 1,00925 | 1,0116  |
| 18  | 0,98535 | 0,984   | 0,98675 | 0,99415 | 0,996   | 0,9993  |
| 19  | 0,9821  | 0,9811  | 0,984   | 0,99125 | 0,9933  | 0,9972  |
| 20  | 0,98685 | 0,986   | 0,9887  | 0,99505 | 0,9975  | 1,00075 |
| 21  | 0,9925  | 0,99145 | 0,9925  | 0,99685 | 0,9984  | 1,00065 |
| 22  | 0,9922  | 0,99105 | 0,992   | 0,99615 | 0,99705 | 0,99925 |
| 23  | 0,9884  | 0,98655 | 0,9874  | 0,9958  | 0,9966  | 0,9988  |
| 24  | 0,9841  | 0,9828  | 0,98405 | 0,9901  | 0,99155 | 0,99395 |
| 25  | 0,98445 | 0,98355 | 0,9833  | 0,98815 | 0,98905 | 0,99095 |
| 26  | 0,96705 | 0,9669  | 0,96705 | 0,9738  | 0,97515 | 0,9781  |
| 27  | 0,9921  | 0,99135 | 0,98955 | 0,9932  | 0,9931  | 0,99445 |
| 28  | 0,993   | 0,9931  | 0,99475 | 1,0003  | 1,0019  | 1,00455 |
| 29  | 0,96375 | 0,96385 | 0,9632  | 0,96945 | 0,97055 | 0,97335 |
| 30  | 0,94525 | 0,94555 | 0,9459  | 0,9537  | 0,9558  | 0,95925 |

#### **4.4 Analisa Hasil Simulasi UC Dengan Metode QGA**

Pada sistem IEEE 30 bus terdapat 6 generator thermal dan salah satunya berfungsi sebagai *slack / swing*. Pada kondisi awal hanya ada 2 generator yang sudah menyala selama 3 jam yaitu generator 2 dan generator 3 sedangkan 4 generator lainnya dalam kondisi padam. Generator 1 telah padam selama 4 jam, generator 4 telah padam selama 3 jam, dan generator 5 dan 6 telah padam selama 2 jam.

Perhitungan *Unit Commitment* dilakukan dengan 15 iterasi dan besar populasi adalah 100 untuk mendapatkan total biaya pembangkitan yang paling ekonomis. Dari hasil simulasi yang telah diperoleh didapatkan beberapa parameter yang dapat di analisa, yaitu:

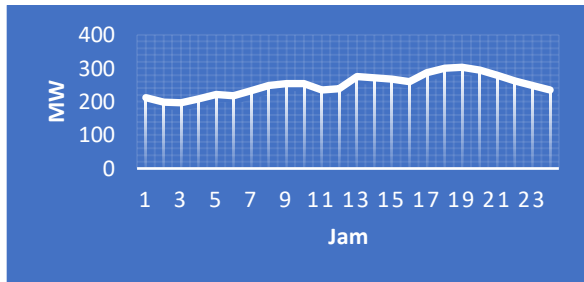
- *Power Output*

Pada penelitian kali ini ada beberapa batasan yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya, salah satunya bahwa pembangkitan yang di perhatikan hanya pembangkitan daya aktif, sedangkan beban Q diabaikan.

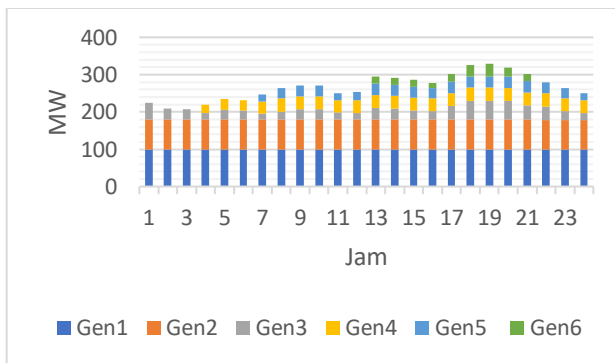
Grafik 4.1 merupakan beban selama 24 jam dimana beban tersebut termasuk beban rumah tangga.

Grafik 4.2 merupakan pembangkitan selama 24 jam dimana terdapat generator yang menyala dan generator yang padam.

Grafik 4.3 adalah grafik total pembangkitan daya aktif selama 24 jam yang dibangkitkan untuk memenuhi kebutuhan total beban selama 24 jam.

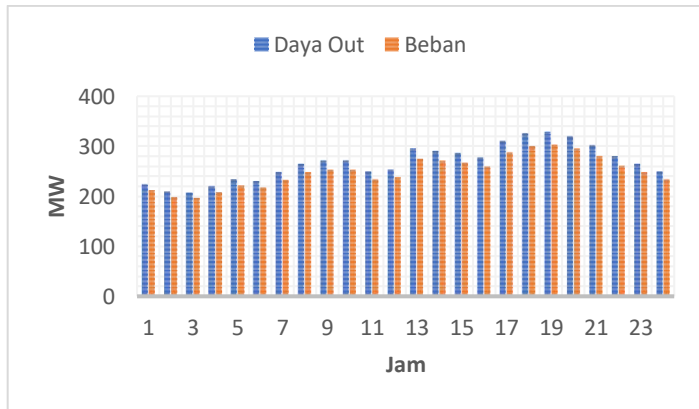


**Gambar 4.1 Kurva Pembebanan 24 Jam**



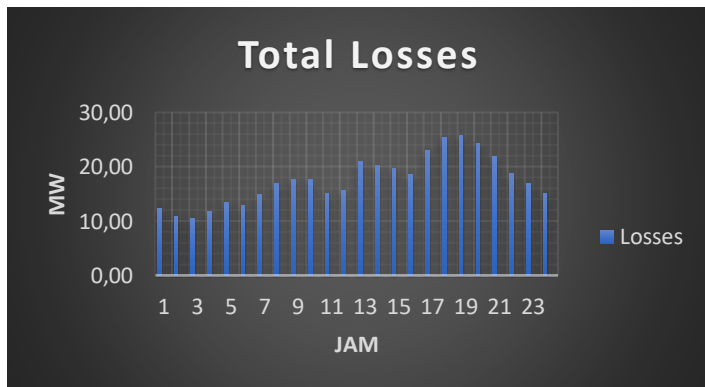
**Gambar 4.2 Pembangkitan Daya Tiap Generator**

Dari gambar 4.2 dapat dilihat bahwa 6 generator tidak menyala secara bersamaan, melainkan generator 1, 2 dan 3 mulai menyala sejak jam 1 sampai jam 24. Generator 4 mulai menyala sejak jam 4 sampai jam 24. Sedangkan, generator 5 menyala mulai dari jam 7 sampai jam 24. Dan generator 6 menyala mulai jam 13 sampai 24



**Gambar 4.3 Grafik pembangkitan daya**

Dari gambar 4.3 dapat dilihat bahwa pembangkitan daya sudah memenuhi kebutuhan beban selama 24 jam.



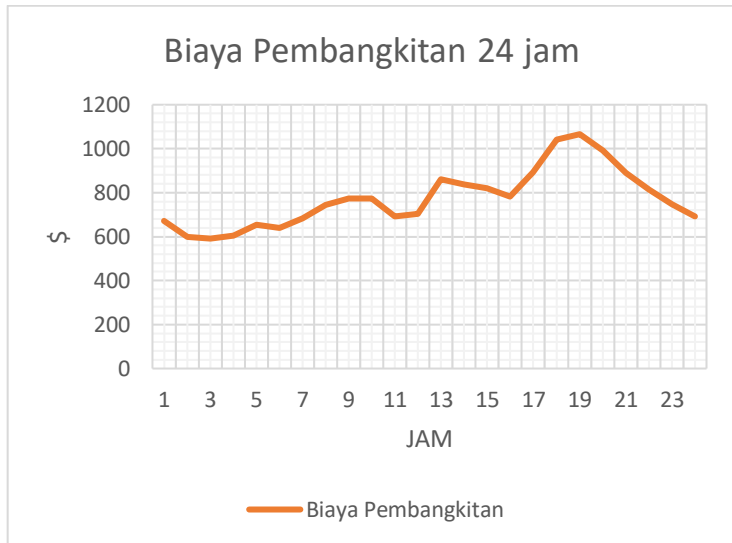
**Gambar 4.4 Grafik Rugi-rugi daya Transmisi**

Pada penelitian kali ini pembangkitan daya sudah memenuhi  $P_{gen} = P_{load} + P_{loss}$ , dapat dilihat dari grafik 4.4 tersebut merupakan grafik rugi-rugi daya transmisi. Sehingga kebutuhan beban selama 24 jam dan total rugi-rugi jaringan transmisi dapat disuplai oleh daya yang dibangkitkan oleh generator. Hal tersebut membuktikan bahwa program *Unit Commitment* dengan *Quantum Genetic Algorithm* menghasilkan hasil yang benar.

- **Biaya Pembangkitan**

Biaya pembangkitan merupakan jumlah dari biaya operasi dan biaya penyalan generator. Perhitungan biaya pembangkitan dilakukan menggunakan program *Unit Commitment* dengan metode *Quantum Genetic Algorithm*.

Grafik dibawah merupakan hasil perhitungan biaya pembangkitan menggunakan metode *Quantum Genetic Algorithm*.



**Gambar 4.5 Grafik Biaya Pembangkitan Metode QGA**

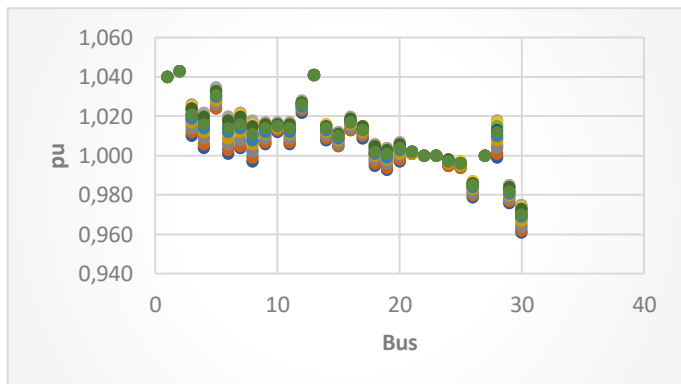
Total biaya pembangkitan selama 24 jam dengan metode *Quantum Genetic Algorithm* didapatkan \$8895.090 dengan biaya fuel cost \$1 per Mbtu.

Pada Grafik 4.5 diatas, biaya pembangkitan yang dimasukkan belum ditambahkan dengan start up cost. Sehingga dapat dianalisa bahwa kurfa antara biaya pembangkitan dan daya yang dikeluarkan sangat identik, namun pada saat beban puncak yaitu mulai jam 17.00 kurfa biaya naik dengan tajam sampai jam 19.00 dan mulai menurun. Ini dikarenakan pada saat beban puncak, generator yang termurah sudah menyuplai daya maksimum sehingga generator lain dengan biaya pembangkitan yang lebih mahal harus mampu memproduksi daya yang lebih besar untuk memenuhi kebutuhan beban.

Dari hasil kurfa biaya dan daya output generator yang hampir identik, sehingga telah membuktikan bahwa program *Unit Commitment* dengan menggunakan metode *Quantum Genetic Algorithm* sudah benar dan sesuai.

- Tegangan Tiap Bus

Grafik 4.6 merupakan persebaran nilai tegangan pada 30 bus selama 24 jam dalam kondisi normal.



**Gambar 4.6 Tegangan Tiap Bus**

Titik-Titik diatas mewakili nilai tegangan pada tiap bus dari hasil running power flow, dan menunjukkan profile tegangan setiap bus selama 24 jam. Tegangan setiap busnya berada antara  $0.95 \leq V \leq 1.1 pu$ , yaitu tegangan yg diijinkan sesuai dengan standar IEEE [1]. Tegangan yang paling rendah sebesar 0.961 p.u pada bus 30 pada jam ke 18 dan 19. Bus 30 adalah bus beban

Dari grafik diatas dapat dianalisa bahwa tidak terdapat titik yang melewati batas standar tegangan operasi, sehingga dapat disimpulkan bahwa program yang dijalankan sudah benar dan memenuhi standar.

#### **4.5 Analisa Hasil Perbandingan Simulasi UC Dengan Metode QGA dan Metode GA**

Perhitungan *Unit Commitment* menggunakan Metode QGA ini akan dibandingkan dengan perhitungan menggunakan metode konvensional seperti Metode GA. Dari hasil simulasi yang telah diperoleh dapat dibandingkan beberapa parameter, yaitu:

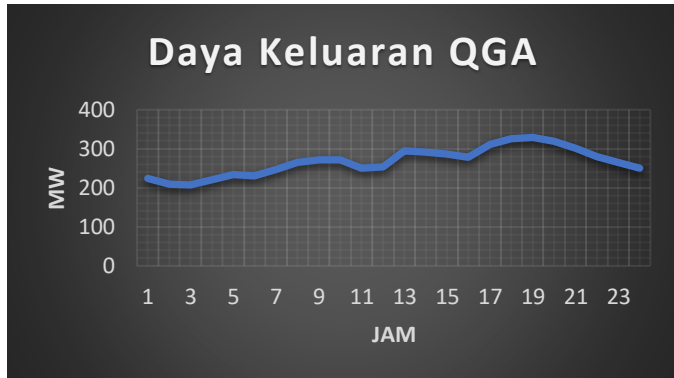
- *Power Output*

Pada penelitian kali ini hasil dari program QGA dan program GA akan digambarkan dengan grafik dibawah ini.

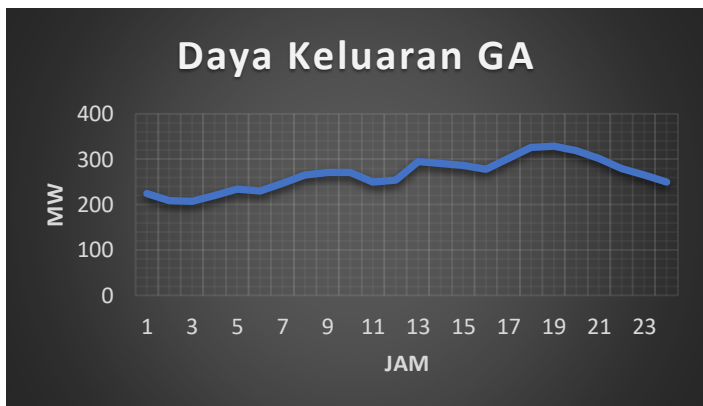
Grafik 4.7 merupakan daya keluaran selama 24 jam menggunakan metode QGA.

Grafik 4.8 merupakan daya keluaran selama 24 jam menggunakan metode GA.

Grafik 4.9 adalah grafik perbandingan total pembangkitan daya aktif selama 24 jam.



**Gambar 4.7 Kurva Daya Keluaran Metode QGA 24 Jam**

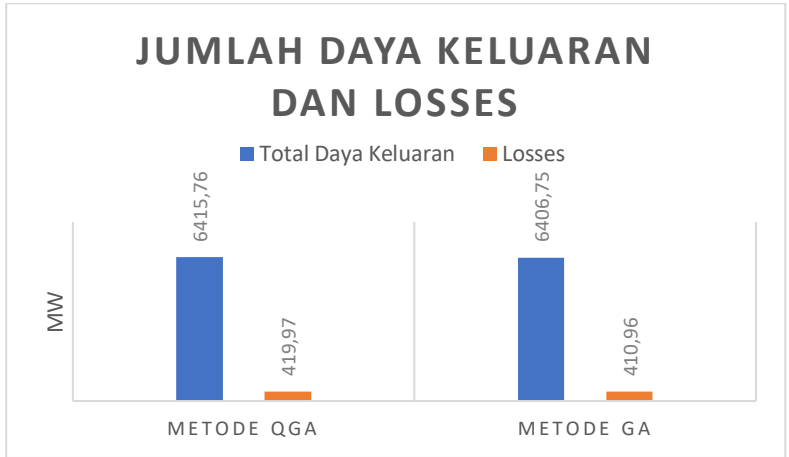


**Gambar 4.8 Kurva Daya Keluaran Metode GA 24 jam**

Dari gambar 4.7 dan 4.8 dapat disimpulkan bahwa hasil keluaran daya selama jam 24 identik dan hampir sama. Namun terdapat perbedaan pada kombinasi yang dihasilkan.

Pada metode QGA jam pertama terdapat 3 generator yang menyala yaitu generator 1, 2 dan 3. Sedangkan pada metode GA terdapat 4 generator yang menyala yaitu generator 1, 2, 3, dan 4. Sehingga bisa disimpulkan metode QGA ini mempunyai karakter tersendiri dalam melakukan pencarian hasil optimum.



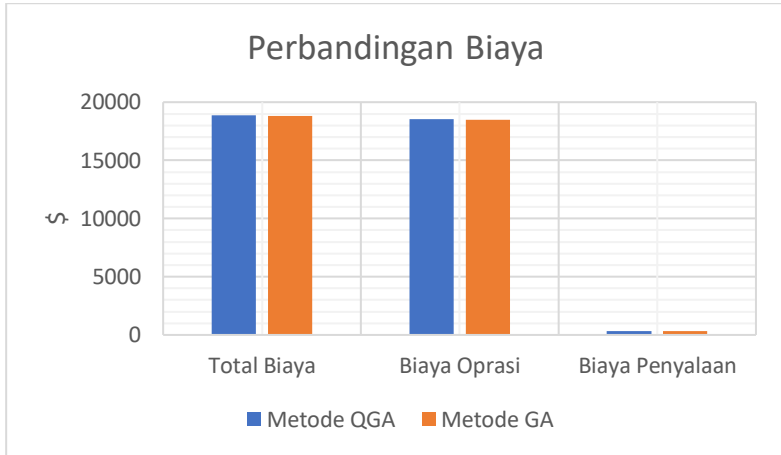


**Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Daya Keluaran dan Losses**

Dari gambar 4.9 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan daya yang dibangkitkan dan total losses yang dihasilkan dari running masing masing program. Meskipun pada program QGA daya yang dikeluarkan dan losses lebih besar, namun terdapat kelebihan pada keamanan sistem.

- **Biaya Pembangkitan**

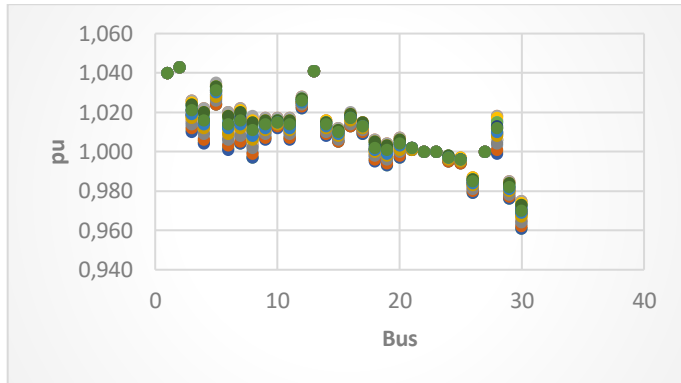
Biaya pembangkitan merupakan jumlah dari biaya operasi dan biaya penyalan generator. Grafik dibawah merupakan hasil perbandingan biaya pembangkitan menggunakan metode *Quantum Genetic Algorithm* dengan menggunakan metode *Genetic Algorithm*.



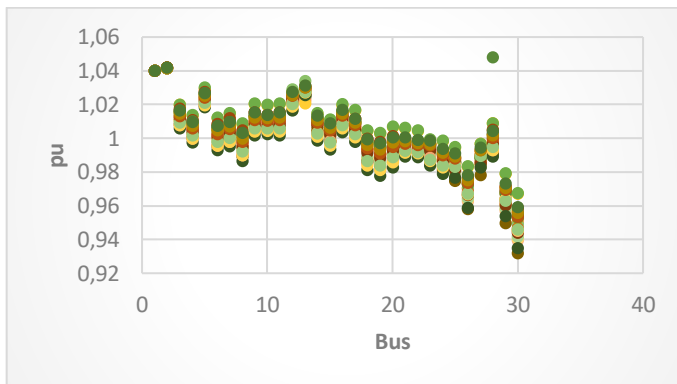
**Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Biaya Pembangkitan**

Total biaya pembangkitan selama 24 dengan metode QGA didapatkan \$18895,090, sedangkan dengan metode GA didapatkan \$18826,188. Dari hasil ini didapati metode GA lebih murah dibandingkan metode QGA. Selisih tersebut dikarenakan nilai daya keluaran dan losses yang dikeluarkan berbeda. Namun perbedaan yang sangat kecil yaitu \$69,902 memberikan keuntungan berupa keamanan pada sistem tenaga ketika beroperasi.

- Tegangan Tiap Bus  
 Grafik 4.11 merupakan persebaran nilai tegangan pada 30 bus selama 24 jam menggunakan metode QGA. Dan grafik 4.12 merupakan persebaran nilai tegangan pada 30 bus selama 24 jam menggunakan metode GA.



**Gambar 4.11 Tegangan Tiap Bus Metode QGA**



**Gambar 4.12 Tegangan Tiap Bus Metode GA**

Titik-Titik diatas mewakili nilai tegangan pada tiap bus dari hasil running power flow, dan menunjukkan profile tegangan setiap bus selama 24 jam. Tegangan setiap busnya harus berada antara  $0.95 \leq V \leq 1.1 pu$ , yaitu tegangan yg diijinkan sesuai dengan standar IEEE.

Pada hasil program UC menggunakan metode QGA tegangan yang paling rendah sebesar 0.961 p.u pada bus 30 pada jam ke 18 dan 19. Dan tidak terdapat pelanggaran atau sudah sesuai standar.

Sedangkan pada hasil program UC menggunakan metode GA bisa diamati melalui gambar bahwa terdapat 1 bus bus yang mengalami *undervoltage* yaitu bus 30 yang mana tegangan nya berada dibawah 0.95 pu. Namun, tidak ada bus yang mengalami *overvoltage*. Tegangan yang terendah yaitu 0.9318 pu, sedangkan tertinggi yaitu 1.0482 pu.

**Tabel 4.19 Bus undervoltage**

| <i>Hour</i> | <b>Bus</b> |
|-------------|------------|
| 8-10, 13-21 | 30         |

Tabel diatas merupakan tabel untuk menunjukkan bus yang mengalami kondisi *undervoltage* pada jam tertentu. Bus yang mengalami *undervoltage* terjadi saat beban mulai mengalami kenaikan, terutama saat beban puncak yang terjadi sekitar jam 18-21.

Sehingga dapat disimpulkan pada program UC menggunakan metode QGA lebih mempunyai keunggulan dalam segi keamanan. Meskipun biaya yang dikeluarkan sedikit lebih mahal.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Pada tugas akhir yang telah saya lakukan, dapat ditarik kesimpulan yaitu:

1. Kombinasi generator yang dihasilkan dari program *Unit Commitment* dengan metode QGA selama 24 jam yaitu 3 generator yang menyala pada jam ke-1, 4 generator yang menyala pada jam ke-4, 5 generator yang menyala pada jam ke-7 dan 6 generator yang menyala pada jam ke-13 sampai jam ke-22. Terdapat generator yang padam pada jam ke-22 sehingga hanya 5 generator yang menyala pada jam ke-22 sampai jam ke-24.
2. Daya aktif yang dibangkitkan oleh generator nyala sudah sesuai dengan jumlah pembebanan dan rugi-rugi saluran. Hal ini membuktikan bahwa program *Unit Commitment* dengan metode QGA sudah benar dan sesuai.
3. Tidak ada pelanggaran ramp-rate, kapasitas maksimum dan minimum pembangkitan, dan *minimum up and down time* pada hasil simulasi dengan menggunakan metode QGA.
4. Nilai tegangan tiap bus tidak ada yang melewati batas standar tegangan operasi. Tegangan setiap busnya berada antara  $0.95 \leq V \leq 1.1 pu$ , yaitu tegangan yg diijinkan sesuai dengan standar IEEE. Sehingga dapat disimpulkan bahwa program yang dijalankan sudah benar dan memenuhi standar.
5. Total biaya pembangkitan *Unit Commitment* dengan metode QGA adalah \$18895.090
6. Biaya pembangkitan menggunakan metode QGA lebih mahal, Selisih total biaya pembangkitan pada UC dengan metode QGA dan metode GA tersebut sebesar \$69,092. Namun, terdapat kelebihan pada metode QGA yaitu tidak terdapat tegangan bus yang mengalami *undervoltage* atau mengalami *overvoltage*.

## 5.2 Saran

Saran untuk penelitian kedepan adalah:

1. Menggunakan metode selain QGA pada studi Unit Commitment seperti metode Priority List (PL), Dynamic Programming (DP), Lagrangian Relaxation (LR), Simulated Annealing (SA), dan lain-lain.
2. Memperhitungkan batasan lain seperti contohnya batasan cadangan berputar. Dimana total cadangan berputar harus lebih besar dari kapasitas generator terbesar yang sedang beroperasi.
3. Menggunakan metode Quantum Genetic Algoritim untuk menghitung studi Unit Commitment dengan mempertimbangkan emisi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. K. Aryani "Penjadwalan dan Pembebanan Optimum Distributed Generation Pada Sistem Distribusi Radial Tidak Seimbang Menggunakan Metode Quantum Evolutionary", JURNAL TEKNIK POMITS, 2018
- [2] S. P. H. D. R. W. Sarjiya, "Unit Commitment dengan Kekangan Keandalan Menggunakan Algoritme Genetika Mempertimbangkan Ketidakpastian Beban," JNTETI, vol. Vol. 5, p. No. 4, 2016.
- [3] R. S. Wibowo, F. F. Utama, D. F. U. Putra, and N. K. Aryani, "Unit commitment with non-smooth generation cost function using binary particle swarm optimization," in *2016 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA)*, Lombok, Indonesia, 2016, pp. 571–576.
- [4] R. S. W. I. R. Benny, "Optimisasi Unit Commitment Mempertimbangkan Fungsi Biaya Tidak Mulus Dengan Firefly Algorithm," JURNAL TEKNIK POMITS, 2014.
- [5] Jia-Chu Lee, W.-M. L.-C.-P. (2011). Quantum genetic algorithm for dynamic economic dispatch with valve-point effects and including wind power system. *Electrical Power and Energy Systems*, 189–197.
- [6] Zhaoqiang Ge, E. C. (2008). Security Constrained Unit Commitment For East China Electric Power Market. DRPT.
- [7] G.A.A.P. Maria, I.W. Antonius, S. Widyadi, "Optimasi Pemasangan Kapasitor pada Sistem Jaringan Listrik Distribusi Di Bali Menggunakan Metode Quantum Genetic Alorithm", jurnal SPEKTRUM Vol.6, No.1 Maret 2019
- [8] R. Linda, "Penentuan Lokasi dan Kapasitas Optimal Distributed Generation Menggunakan Metode Quantum Genetic Alorithm untuk Menghasilkan Rugi Daya Minimum", jurnal, Desember 2014

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## RIWAYAT HIDUP



Yogi Agung Susanto, putra pertama dari Rahmat Agus Susanto dan Sismiati yang lahir pada 31 Desember 1997 di Kota Tulungagung. Penulis menyelesaikan Pendidikan formal di SDN 1 Bendosari pada tahun 2009, SMPN 2 Tulungagung pada tahun 2012, dan SMAN 1 Boyolangu pada tahun 2015. Kemudian melanjutkan studi S1 Teknik Elektro di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) pada tahun 2016. Penulis mengambil bidang studi Teknik

Sistem Tenaga. Penulis aktif pada beberapa kegiatan organisasi yaitu sebagai staff Departemen MSDM Himpunan Mahasiswa Elektro pada tahun 2017 dan melanjutkan menjadi sekertis Departemen MSDM di tahun berikutnya. Penulis juga aktif di bidang minat dan bakat, yaitu di cabang olahraga Voli. Selama masa perkuliahan penulis sudah menjuarai berbagai perlombaan di dalam kampus, seperti Juara 2 Lomba Voli Rektor Cup 2016, Juara 2 Lomba Voli Rektor Cup 2018, Juara 1 Lomba Voli antar jurusan dalam Fakultas FTI. Penulis dapat dihubungi melalui alamat email: [yogi101113@gmail.com](mailto:yogi101113@gmail.com)

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# LAMPIRAN

==>> H O U R : 1 <<==

=====

LINE LOSSES

| --Line-- |    | --Line loss-- |        |        |
|----------|----|---------------|--------|--------|
| from     | to | MW            | Mvar   | MVA    |
| 1        | 2  | 4.481         | 13.419 | 14.147 |
| 1        | 3  | 2.224         | 9.111  | 9.378  |
| 2        | 1  | 4.481         | 13.419 | 14.147 |
| 2        | 4  | 0.879         | 2.678  | 2.819  |
| 2        | 5  | 0.369         | 1.551  | 1.594  |
| 2        | 6  | 1.469         | 4.459  | 4.695  |
| 3        | 1  | 2.224         | 9.111  | 9.378  |
| 3        | 4  | 0.595         | 1.708  | 1.808  |
| 4        | 2  | 0.879         | 2.678  | 2.819  |
| 4        | 3  | 0.595         | 1.708  | 1.808  |
| 4        | 6  | 0.308         | 1.070  | 1.114  |
| 4        | 12 | 0.000         | 4.254  | 4.254  |
| 5        | 2  | 0.369         | 1.551  | 1.594  |
| 5        | 7  | 0.357         | 0.901  | 0.969  |
| 6        | 2  | 1.469         | 4.459  | 4.695  |
| 6        | 4  | 0.308         | 1.070  | 1.114  |
| 6        | 7  | 0.003         | 0.009  | 0.010  |
| 6        | 8  | 0.129         | 0.450  | 0.468  |
| 6        | 9  | 0.000         | 1.798  | 1.798  |
| 6        | 10 | 0.000         | 1.622  | 1.622  |
| 6        | 28 | 0.078         | 0.277  | 0.287  |
| 7        | 5  | 0.357         | 0.901  | 0.969  |
| 7        | 6  | 0.003         | 0.009  | 0.010  |
| 8        | 6  | 0.129         | 0.450  | 0.468  |
| 8        | 28 | 0.000         | 0.001  | 0.001  |
| 9        | 6  | 0.000         | 1.798  | 1.798  |
| 9        | 10 | 0.000         | 1.039  | 1.039  |
| 9        | 11 | -0.000        | 0.000  | 0.000  |
| 10       | 6  | 0.000         | 1.622  | 1.622  |
| 10       | 9  | 0.000         | 1.039  | 1.039  |
| 10       | 17 | 0.014         | 0.038  | 0.040  |
| 10       | 20 | 0.101         | 0.226  | 0.247  |
| 10       | 21 | 0.143         | 0.308  | 0.339  |
| 10       | 22 | 0.083         | 0.171  | 0.191  |
| 11       | 9  | 0.000         | 0.000  | 0.000  |
| 12       | 4  | 0.000         | 4.254  | 4.254  |
| 12       | 13 | 0.000         | 0.140  | 0.140  |
| 12       | 14 | 0.087         | 0.180  | 0.200  |
| 12       | 15 | 0.241         | 0.475  | 0.533  |
| 12       | 16 | 0.049         | 0.102  | 0.113  |
| 13       | 12 | 0.000         | 0.140  | 0.140  |

|    |    |       |       |       |
|----|----|-------|-------|-------|
| 14 | 12 | 0.087 | 0.180 | 0.200 |
| 14 | 15 | 0.006 | 0.005 | 0.008 |
| 15 | 12 | 0.241 | 0.475 | 0.533 |
| 15 | 14 | 0.006 | 0.005 | 0.008 |
| 15 | 18 | 0.042 | 0.085 | 0.094 |
| 15 | 23 | 0.035 | 0.071 | 0.080 |
| 16 | 12 | 0.049 | 0.102 | 0.113 |
| 16 | 17 | 0.009 | 0.022 | 0.024 |
| 17 | 10 | 0.014 | 0.038 | 0.040 |
| 17 | 16 | 0.009 | 0.022 | 0.024 |
| 18 | 15 | 0.042 | 0.085 | 0.094 |
| 18 | 19 | 0.005 | 0.009 | 0.010 |
| 19 | 18 | 0.005 | 0.009 | 0.010 |
| 19 | 20 | 0.021 | 0.043 | 0.048 |
| 20 | 10 | 0.101 | 0.226 | 0.247 |
| 20 | 19 | 0.021 | 0.043 | 0.048 |
| 21 | 10 | 0.143 | 0.308 | 0.339 |
| 21 | 22 | 0.013 | 0.027 | 0.030 |
| 22 | 10 | 0.083 | 0.171 | 0.191 |
| 22 | 21 | 0.013 | 0.027 | 0.030 |
| 22 | 24 | 0.050 | 0.078 | 0.092 |
| 23 | 15 | 0.035 | 0.071 | 0.080 |
| 23 | 24 | 0.003 | 0.007 | 0.008 |
| 24 | 22 | 0.050 | 0.078 | 0.092 |
| 24 | 23 | 0.003 | 0.007 | 0.008 |
| 24 | 25 | 0.014 | 0.024 | 0.028 |
| 25 | 24 | 0.014 | 0.024 | 0.028 |
| 25 | 26 | 0.040 | 0.060 | 0.072 |
| 25 | 27 | 0.044 | 0.083 | 0.094 |
| 26 | 25 | 0.040 | 0.060 | 0.072 |
| 27 | 25 | 0.044 | 0.083 | 0.094 |
| 27 | 28 | 0.000 | 1.584 | 1.584 |
| 27 | 29 | 0.106 | 0.201 | 0.228 |
| 27 | 30 | 0.203 | 0.383 | 0.433 |
| 28 | 6  | 0.078 | 0.277 | 0.287 |
| 28 | 8  | 0.000 | 0.001 | 0.001 |
| 28 | 27 | 0.000 | 1.584 | 1.584 |
| 29 | 27 | 0.106 | 0.201 | 0.228 |
| 29 | 30 | 0.043 | 0.081 | 0.092 |
| 30 | 27 | 0.203 | 0.383 | 0.433 |
| 30 | 29 | 0.043 | 0.081 | 0.092 |

TOTAL LOSSES: ( 12.244 + j 48.750)

```

=====
BUSDATA
Bus   Bus      Voltage   Angle      ----Load----
-----Generator-----      Static Mvar
No    code     Mag.      Degree     MW          Mvar
MW    Mvar      Qmin     Qmax     +Qc/-Ql

```

|        |   |         |         |         |        |       |
|--------|---|---------|---------|---------|--------|-------|
| 1      | 1 |         | 1.040   | -0.000  | 0.000  | 0.000 |
| 99.959 |   | -52.588 | 0.000   | 0.000   | 0.000  | 0.000 |
| 2      | 2 |         | 1.043   | -5.094  | 24.300 | 0.000 |
| 80.000 |   | 62.859  | -20.000 | 60.000  | 0.000  |       |
| 3      | 0 |         | 1.024   | -7.376  | 2.690  | 0.000 |
| 0.000  |   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 4      | 0 |         | 1.020   | -8.865  | 8.510  | 0.000 |
| 0.000  |   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 5      | 0 |         | 1.033   | -8.193  | 0.000  | 0.000 |
| 0.000  |   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 6      | 0 |         | 1.018   | -10.092 | 0.000  | 0.000 |
| 0.000  |   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 7      | 0 |         | 1.020   | -9.989  | 25.540 | 0.000 |
| 0.000  |   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 8      | 0 |         | 1.015   | -10.883 | 33.600 | 0.000 |
| 0.000  |   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 9      | 0 |         | 1.016   | -13.537 | 0.000  | 0.000 |
| 0.000  |   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 10     | 0 |         | 1.016   | -15.444 | 6.500  | 0.000 |
| 0.000  |   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 19.000 |       |
| 11     | 0 |         | 1.016   | -13.537 | 0.000  | 0.000 |
| 0.000  |   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 12     | 0 |         | 1.027   | -14.696 | 12.540 | 0.000 |
| 0.000  |   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 13     | 2 |         | 1.041   | -14.696 | 0.000  | 0.000 |
| 44.164 |   | 10.402  | -15.000 | 50.000  | 0.000  |       |
| 14     | 0 |         | 1.015   | -15.863 | 6.940  | 0.000 |
| 0.000  |   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 15     | 0 |         | 1.011   | -15.983 | 9.180  | 0.000 |
| 0.000  |   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 16     | 0 |         | 1.019   | -15.449 | 3.920  | 0.000 |
| 0.000  |   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 17     | 0 |         | 1.015   | -15.773 | 10.080 | 0.000 |
| 0.000  |   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 18     | 0 |         | 1.005   | -16.762 | 3.580  | 0.000 |
| 0.000  |   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 19     | 0 |         | 1.003   | -16.964 | 10.640 | 0.000 |
| 0.000  |   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 20     | 0 |         | 1.006   | -16.659 | 2.460  | 0.000 |
| 0.000  |   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 21     | 0 |         | 1.002   | -15.969 | 19.600 | 0.000 |
| 0.000  |   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 22     | 2 |         | 1.000   | -15.869 | 0.000  | 0.000 |
| 0.000  |   | -19.856 | -15.000 | 62.500  | 0.000  |       |
| 23     | 2 |         | 1.000   | -16.415 | 3.580  | 0.000 |
| 0.000  |   | -2.852  | -10.000 | 40.000  | 0.000  |       |
| 24     | 0 |         | 0.998   | -16.663 | 9.740  | 0.000 |
| 0.000  |   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 4.300  |       |
| 25     | 0 |         | 0.996   | -16.081 | 0.000  | 0.000 |
| 0.000  |   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |

|           |   |        |         |         |         |       |
|-----------|---|--------|---------|---------|---------|-------|
| 26        | 0 |        | 0.986   | -16.949 | 3.920   | 0.000 |
| 0.000     |   | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 27        | 2 |        | 1.000   | -15.251 | 0.000   | 0.000 |
| 0.000     |   | -4.088 | -15.000 | 48.700  | 0.000   |       |
| 28        | 0 |        | 1.016   | -10.840 | 0.000   | 0.000 |
| 0.000     |   | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 29        | 0 |        | 0.984   | -16.894 | 2.690   | 0.000 |
| 0.000     |   | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 30        | 0 |        | 0.973   | -18.007 | 11.870  | 0.000 |
| 0.000     |   | 0.000  | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| T O T A L |   |        |         |         | 211.880 | 0.000 |
| 224.123   |   | -6.123 |         |         | 23.300  |       |

==>> H O U R : 2 <<==

=====

LINE LOSSES

| --Line-- |    | --Line loss-- |        |        |
|----------|----|---------------|--------|--------|
| from     | to | MW            | Mvar   | MVA    |
| 1        | 2  | 3.921         | 11.742 | 12.380 |
| 1        | 3  | 1.949         | 7.987  | 8.221  |
| 2        | 1  | 3.921         | 11.742 | 12.380 |
| 2        | 4  | 0.768         | 2.341  | 2.464  |
| 2        | 5  | 0.323         | 1.359  | 1.397  |
| 2        | 6  | 1.285         | 3.898  | 4.104  |
| 3        | 1  | 1.949         | 7.987  | 8.221  |
| 3        | 4  | 0.521         | 1.496  | 1.584  |
| 4        | 2  | 0.768         | 2.341  | 2.464  |
| 4        | 3  | 0.521         | 1.496  | 1.584  |
| 4        | 6  | 0.269         | 0.935  | 0.973  |
| 4        | 12 | 0.000         | 3.737  | 3.737  |
| 5        | 2  | 0.323         | 1.359  | 1.397  |
| 5        | 7  | 0.313         | 0.788  | 0.848  |
| 6        | 2  | 1.285         | 3.898  | 4.104  |
| 6        | 4  | 0.269         | 0.935  | 0.973  |
| 6        | 7  | 0.003         | 0.009  | 0.009  |
| 6        | 8  | 0.113         | 0.394  | 0.410  |
| 6        | 9  | -0.000        | 1.577  | 1.577  |
| 6        | 10 | 0.000         | 1.422  | 1.422  |
| 6        | 28 | 0.068         | 0.240  | 0.250  |
| 7        | 5  | 0.313         | 0.788  | 0.848  |
| 7        | 6  | 0.003         | 0.009  | 0.009  |
| 8        | 6  | 0.113         | 0.394  | 0.410  |
| 8        | 28 | 0.000         | 0.001  | 0.001  |
| 9        | 6  | -0.000        | 1.577  | 1.577  |
| 9        | 10 | 0.000         | 0.911  | 0.911  |
| 9        | 11 | -0.000        | 0.000  | 0.000  |
| 10       | 6  | 0.000         | 1.422  | 1.422  |
| 10       | 9  | 0.000         | 0.911  | 0.911  |
| 10       | 17 | 0.013         | 0.033  | 0.035  |
| 10       | 20 | 0.089         | 0.198  | 0.217  |

|    |    |       |       |       |
|----|----|-------|-------|-------|
| 10 | 21 | 0.136 | 0.294 | 0.324 |
| 10 | 22 | 0.083 | 0.170 | 0.189 |
| 11 | 9  | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 12 | 4  | 0.000 | 3.737 | 3.737 |
| 12 | 13 | 0.000 | 0.130 | 0.130 |
| 12 | 14 | 0.077 | 0.160 | 0.178 |
| 12 | 15 | 0.214 | 0.422 | 0.473 |
| 12 | 16 | 0.043 | 0.091 | 0.101 |
| 13 | 12 | 0.000 | 0.130 | 0.130 |
| 14 | 12 | 0.077 | 0.160 | 0.178 |
| 14 | 15 | 0.006 | 0.005 | 0.007 |
| 15 | 12 | 0.214 | 0.422 | 0.473 |
| 15 | 14 | 0.006 | 0.005 | 0.007 |
| 15 | 18 | 0.037 | 0.075 | 0.083 |
| 15 | 23 | 0.036 | 0.072 | 0.081 |
| 16 | 12 | 0.043 | 0.091 | 0.101 |
| 16 | 17 | 0.009 | 0.020 | 0.022 |
| 17 | 10 | 0.013 | 0.033 | 0.035 |
| 17 | 16 | 0.009 | 0.020 | 0.022 |
| 18 | 15 | 0.037 | 0.075 | 0.083 |
| 18 | 19 | 0.004 | 0.008 | 0.009 |
| 19 | 18 | 0.004 | 0.008 | 0.009 |
| 19 | 20 | 0.019 | 0.038 | 0.042 |
| 20 | 10 | 0.089 | 0.198 | 0.217 |
| 20 | 19 | 0.019 | 0.038 | 0.042 |
| 21 | 10 | 0.136 | 0.294 | 0.324 |
| 21 | 22 | 0.015 | 0.031 | 0.035 |
| 22 | 10 | 0.083 | 0.170 | 0.189 |
| 22 | 21 | 0.015 | 0.031 | 0.035 |
| 22 | 24 | 0.045 | 0.070 | 0.083 |
| 23 | 15 | 0.036 | 0.072 | 0.081 |
| 23 | 24 | 0.003 | 0.007 | 0.007 |
| 24 | 22 | 0.045 | 0.070 | 0.083 |
| 24 | 23 | 0.003 | 0.007 | 0.007 |
| 24 | 25 | 0.012 | 0.021 | 0.024 |
| 25 | 24 | 0.012 | 0.021 | 0.024 |
| 25 | 26 | 0.035 | 0.053 | 0.064 |
| 25 | 27 | 0.038 | 0.072 | 0.082 |
| 26 | 25 | 0.035 | 0.053 | 0.064 |
| 27 | 25 | 0.038 | 0.072 | 0.082 |
| 27 | 28 | 0.000 | 1.406 | 1.406 |
| 27 | 29 | 0.093 | 0.176 | 0.199 |
| 27 | 30 | 0.178 | 0.335 | 0.380 |
| 28 | 6  | 0.068 | 0.240 | 0.250 |
| 28 | 8  | 0.000 | 0.001 | 0.001 |
| 28 | 27 | 0.000 | 1.406 | 1.406 |
| 29 | 27 | 0.093 | 0.176 | 0.199 |
| 29 | 30 | 0.038 | 0.071 | 0.080 |
| 30 | 27 | 0.178 | 0.335 | 0.380 |
| 30 | 29 | 0.038 | 0.071 | 0.080 |

TOTAL LOSSES: ( 10.754 + j 42.794)

=====

BUSDATA

| Bus                 | Bus     | Voltage |         | Angle       | ----Load---- |         |       |
|---------------------|---------|---------|---------|-------------|--------------|---------|-------|
| -----Generator----- |         |         |         | Static Mvar |              |         |       |
| No                  | code    | Mag.    | Degree  | Qmin        | Qmax         | MW      | Mvar  |
| MW                  | Mvar    |         |         |             |              | +Qc/-Ql |       |
| 1                   | 1       | 1.040   | -0.000  | 0.000       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 99.695              | -50.567 | 0.000   | 0.000   | 0.000       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 2                   | 2       | 1.043   | -4.764  | 22.790      | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 80.000              | 57.672  | -20.000 | 60.000  | 0.000       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 3                   | 0       | 1.026   | -6.904  | 2.520       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 4                   | 0       | 1.022   | -8.295  | 7.980       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 5                   | 0       | 1.034   | -7.669  | 0.000       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 6                   | 0       | 1.020   | -9.440  | 0.000       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 7                   | 0       | 1.022   | -9.346  | 23.940      | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 8                   | 0       | 1.017   | -10.179 | 31.500      | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 9                   | 0       | 1.017   | -12.658 | 0.000       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 10                  | 0       | 1.017   | -14.443 | 6.090       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 19.000      | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 11                  | 0       | 1.017   | -12.658 | 0.000       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 12                  | 0       | 1.028   | -13.757 | 11.760      | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 13                  | 2       | 1.041   | -13.757 | 0.000       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 29.748              | 10.016  | -15.000 | 50.000  | 0.000       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 14                  | 0       | 1.016   | -14.845 | 6.510       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 15                  | 0       | 1.012   | -14.943 | 8.610       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 16                  | 0       | 1.019   | -14.456 | 3.680       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 17                  | 0       | 1.015   | -14.753 | 9.450       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 18                  | 0       | 1.006   | -15.675 | 3.360       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 19                  | 0       | 1.004   | -15.864 | 9.980       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 20                  | 0       | 1.007   | -15.579 | 2.310       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 21                  | 0       | 1.002   | -14.907 | 18.380      | 0.000        | 0.000   | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000       | 0.000        | 0.000   | 0.000 |



|           |   |         |         |         |         |       |
|-----------|---|---------|---------|---------|---------|-------|
| 22        | 2 |         | 1.000   | -14.803 | 0.000   | 0.000 |
| 0.000     |   | -21.164 | -15.000 | 62.500  | 0.000   |       |
| 23        | 2 |         | 1.000   | -15.312 | 3.360   | 0.000 |
| 0.000     |   | -3.498  | -10.000 | 40.000  | 0.000   |       |
| 24        | 0 |         | 0.998   | -15.558 | 9.140   | 0.000 |
| 0.000     |   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 4.300   |       |
| 25        | 0 |         | 0.997   | -15.020 | 0.000   | 0.000 |
| 0.000     |   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 26        | 0 |         | 0.987   | -15.834 | 3.680   | 0.000 |
| 0.000     |   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 27        | 2 |         | 1.000   | -14.246 | 0.000   | 0.000 |
| 0.000     |   | -4.735  | -15.000 | 48.700  | 0.000   |       |
| 28        | 0 |         | 1.018   | -10.134 | 0.000   | 0.000 |
| 0.000     |   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 29        | 0 |         | 0.985   | -15.785 | 2.520   | 0.000 |
| 0.000     |   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 30        | 0 |         | 0.975   | -16.826 | 11.130  | 0.000 |
| 0.000     |   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| T O T A L |   |         |         |         | 198.690 | 0.000 |
| 209.443   |   | -12.275 |         |         | 23.300  |       |

==>> H O U R : 4 <<==

=====

LINE LOSSES

| --Line-- |    | --Line loss-- |        |        |
|----------|----|---------------|--------|--------|
| from     | to | MW            | Mvar   | MVA    |
| 1        | 2  | 4.317         | 12.928 | 13.630 |
| 1        | 3  | 2.143         | 8.782  | 9.040  |
| 2        | 1  | 4.317         | 12.928 | 13.630 |
| 2        | 4  | 0.846         | 2.580  | 2.715  |
| 2        | 5  | 0.356         | 1.495  | 1.536  |
| 2        | 6  | 1.415         | 4.295  | 4.522  |
| 3        | 1  | 2.143         | 8.782  | 9.040  |
| 3        | 4  | 0.573         | 1.646  | 1.743  |
| 4        | 2  | 0.846         | 2.580  | 2.715  |
| 4        | 3  | 0.573         | 1.646  | 1.743  |
| 4        | 6  | 0.296         | 1.031  | 1.072  |
| 4        | 12 | 0.000         | 4.104  | 4.104  |
| 5        | 2  | 0.356         | 1.495  | 1.536  |
| 5        | 7  | 0.344         | 0.868  | 0.934  |
| 6        | 2  | 1.415         | 4.295  | 4.522  |
| 6        | 4  | 0.296         | 1.031  | 1.072  |
| 6        | 7  | 0.003         | 0.009  | 0.010  |
| 6        | 8  | 0.124         | 0.434  | 0.451  |
| 6        | 9  | 0.000         | 1.733  | 1.733  |
| 6        | 10 | 0.000         | 1.563  | 1.563  |
| 6        | 28 | 0.075         | 0.266  | 0.276  |
| 7        | 5  | 0.344         | 0.868  | 0.934  |
| 7        | 6  | 0.003         | 0.009  | 0.010  |

|    |    |        |       |       |
|----|----|--------|-------|-------|
| 8  | 6  | 0.124  | 0.434 | 0.451 |
| 8  | 28 | 0.000  | 0.001 | 0.001 |
| 9  | 6  | 0.000  | 1.733 | 1.733 |
| 9  | 10 | 0.000  | 1.002 | 1.002 |
| 9  | 11 | -0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 6  | 0.000  | 1.563 | 1.563 |
| 10 | 9  | 0.000  | 1.002 | 1.002 |
| 10 | 17 | 0.014  | 0.036 | 0.039 |
| 10 | 20 | 0.097  | 0.218 | 0.238 |
| 10 | 21 | 0.141  | 0.303 | 0.335 |
| 10 | 22 | 0.083  | 0.171 | 0.190 |
| 11 | 9  | 0.000  | 0.000 | 0.000 |
| 12 | 4  | 0.000  | 4.104 | 4.104 |
| 12 | 13 | 0.000  | 0.137 | 0.137 |
| 12 | 14 | 0.084  | 0.175 | 0.194 |
| 12 | 15 | 0.233  | 0.460 | 0.515 |
| 12 | 16 | 0.047  | 0.099 | 0.110 |
| 13 | 12 | 0.000  | 0.137 | 0.137 |
| 14 | 12 | 0.084  | 0.175 | 0.194 |
| 14 | 15 | 0.006  | 0.005 | 0.008 |
| 15 | 12 | 0.233  | 0.460 | 0.515 |
| 15 | 14 | 0.006  | 0.005 | 0.008 |
| 15 | 18 | 0.040  | 0.082 | 0.091 |
| 15 | 23 | 0.035  | 0.071 | 0.080 |
| 16 | 12 | 0.047  | 0.099 | 0.110 |
| 16 | 17 | 0.009  | 0.021 | 0.023 |
| 17 | 10 | 0.014  | 0.036 | 0.039 |
| 17 | 16 | 0.009  | 0.021 | 0.023 |
| 18 | 15 | 0.040  | 0.082 | 0.091 |
| 18 | 19 | 0.004  | 0.009 | 0.010 |
| 19 | 18 | 0.004  | 0.009 | 0.010 |
| 19 | 20 | 0.021  | 0.041 | 0.046 |
| 20 | 10 | 0.097  | 0.218 | 0.238 |
| 20 | 19 | 0.021  | 0.041 | 0.046 |
| 21 | 10 | 0.141  | 0.303 | 0.335 |
| 21 | 22 | 0.014  | 0.028 | 0.032 |
| 22 | 10 | 0.083  | 0.171 | 0.190 |
| 22 | 21 | 0.014  | 0.028 | 0.032 |
| 22 | 24 | 0.048  | 0.075 | 0.090 |
| 23 | 15 | 0.035  | 0.071 | 0.080 |
| 23 | 24 | 0.003  | 0.007 | 0.008 |
| 24 | 22 | 0.048  | 0.075 | 0.090 |
| 24 | 23 | 0.003  | 0.007 | 0.008 |
| 24 | 25 | 0.013  | 0.023 | 0.026 |
| 25 | 24 | 0.013  | 0.023 | 0.026 |
| 25 | 26 | 0.039  | 0.058 | 0.070 |
| 25 | 27 | 0.042  | 0.080 | 0.090 |
| 26 | 25 | 0.039  | 0.058 | 0.070 |
| 27 | 25 | 0.042  | 0.080 | 0.090 |
| 27 | 28 | -0.000 | 1.532 | 1.532 |

|    |    |        |       |       |
|----|----|--------|-------|-------|
| 27 | 29 | 0.103  | 0.194 | 0.219 |
| 27 | 30 | 0.196  | 0.369 | 0.418 |
| 28 | 6  | 0.075  | 0.266 | 0.276 |
| 28 | 8  | 0.000  | 0.001 | 0.001 |
| 28 | 27 | -0.000 | 1.532 | 1.532 |
| 29 | 27 | 0.103  | 0.194 | 0.219 |
| 29 | 30 | 0.041  | 0.078 | 0.088 |
| 30 | 27 | 0.196  | 0.369 | 0.418 |
| 30 | 29 | 0.041  | 0.078 | 0.088 |

TOTAL LOSSES: ( 11.808 + j 47.008)

=====

BUSDATA

| Bus                 | Bus     | Voltage |         | Angle       | ----Load---- |       |
|---------------------|---------|---------|---------|-------------|--------------|-------|
| -----Generator----- |         |         |         | Static Mvar |              |       |
| No                  | code    | Mag.    | Degree  | MW          | Mvar         |       |
| MW                  | Mvar    | Qmin    | Qmax    | +Qc/-Ql     |              |       |
| 1                   | 1       | 1.040   | -0.000  | 0.000       | 0.000        | 0.000 |
| 99.248              | -52.024 | 0.000   | 0.000   | 0.000       |              |       |
| 2                   | 2       | 1.043   | -4.999  | 23.870      | 0.000        | 0.000 |
| 80.000              | 61.358  | -20.000 | 60.000  | 0.000       |              |       |
| 3                   | 0       | 1.025   | -7.241  | 2.640       | 0.000        | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000       |              |       |
| 4                   | 0       | 1.020   | -8.702  | 8.360       | 0.000        | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000       |              |       |
| 5                   | 0       | 1.033   | -8.043  | 0.000       | 0.000        | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000       |              |       |
| 6                   | 0       | 1.018   | -9.906  | 0.000       | 0.000        | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000       |              |       |
| 7                   | 0       | 1.021   | -9.805  | 25.080      | 0.000        | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000       |              |       |
| 8                   | 0       | 1.016   | -10.682 | 33.000      | 0.000        | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000       |              |       |
| 9                   | 0       | 1.016   | -13.286 | 0.000       | 0.000        | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000       |              |       |
| 10                  | 0       | 1.016   | -15.158 | 6.380       | 0.000        | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 19.000      |              |       |
| 11                  | 0       | 1.016   | -13.286 | 0.000       | 0.000        | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000       |              |       |
| 12                  | 0       | 1.027   | -14.428 | 12.320      | 0.000        | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000       |              |       |
| 13                  | 2       | 1.041   | -14.428 | 0.000       | 0.000        | 0.000 |
| 17.587              | 10.290  | -15.000 | 50.000  | 0.000       |              |       |
| 14                  | 0       | 1.016   | -15.573 | 6.820       | 0.000        | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000       |              |       |
| 15                  | 0       | 1.011   | -15.687 | 9.020       | 0.000        | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000       |              |       |
| 16                  | 0       | 1.019   | -15.166 | 3.850       | 0.000        | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000       |              |       |
| 17                  | 0       | 1.015   | -15.482 | 9.900       | 0.000        | 0.000 |
| 0.000               | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000       |              |       |

|           |         |       |         |         |         |       |
|-----------|---------|-------|---------|---------|---------|-------|
| 18        | 0       |       | 1.005   | -16.452 | 3.520   | 0.000 |
| 0.000     | 0.000   | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 19        | 0       |       | 1.003   | -16.650 | 10.450  | 0.000 |
| 0.000     | 0.000   | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 20        | 0       |       | 1.006   | -16.351 | 2.420   | 0.000 |
| 0.000     | 0.000   | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 21        | 0       |       | 1.002   | -15.665 | 19.250  | 0.000 |
| 0.000     | 0.000   | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 22        | 2       |       | 1.000   | -15.564 | 0.000   | 0.000 |
| 23.092    | -20.235 |       | -15.000 | 62.500  | 0.000   |       |
| 23        | 2       |       | 1.000   | -16.100 | 3.520   | 0.000 |
| 0.000     | -3.035  |       | -10.000 | 40.000  | 0.000   |       |
| 24        | 0       |       | 0.998   | -16.348 | 9.570   | 0.000 |
| 0.000     | 0.000   | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 4.300   |       |
| 25        | 0       |       | 0.997   | -15.778 | 0.000   | 0.000 |
| 0.000     | 0.000   | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 26        | 0       |       | 0.987   | -16.630 | 3.850   | 0.000 |
| 0.000     | 0.000   | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 27        | 2       |       | 1.000   | -14.963 | 0.000   | 0.000 |
| 0.000     | -4.276  |       | -15.000 | 48.700  | 0.000   |       |
| 28        | 0       |       | 1.017   | -10.638 | 0.000   | 0.000 |
| 0.000     | 0.000   | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 29        | 0       |       | 0.984   | -16.577 | 2.640   | 0.000 |
| 0.000     | 0.000   | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 30        | 0       |       | 0.974   | -17.669 | 11.660  | 0.000 |
| 0.000     | 0.000   | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| T O T A L |         |       |         |         | 208.120 | 0.000 |
| 219.927   | -7.922  |       |         |         | 23.300  |       |

==>> H O U R : 7 <<==

=====

LINE LOSSES

| --Line-- |    | --Line loss-- |        |        |
|----------|----|---------------|--------|--------|
| from     | to | MW            | Mvar   | MVA    |
| 1        | 2  | 5.453         | 16.331 | 17.217 |
| 1        | 3  | 2.698         | 11.054 | 11.379 |
| 2        | 1  | 5.453         | 16.331 | 17.217 |
| 2        | 4  | 1.071         | 3.264  | 3.436  |
| 2        | 5  | 0.448         | 1.883  | 1.936  |
| 2        | 6  | 1.790         | 5.432  | 5.720  |
| 3        | 1  | 2.698         | 11.054 | 11.379 |
| 3        | 4  | 0.723         | 2.075  | 2.197  |
| 4        | 2  | 1.071         | 3.264  | 3.436  |
| 4        | 3  | 0.723         | 2.075  | 2.197  |
| 4        | 6  | 0.375         | 1.304  | 1.356  |
| 4        | 12 | 0.000         | 5.156  | 5.156  |
| 5        | 2  | 0.448         | 1.883  | 1.936  |
| 5        | 7  | 0.435         | 1.097  | 1.180  |
| 6        | 2  | 1.790         | 5.432  | 5.720  |
| 6        | 4  | 0.375         | 1.304  | 1.356  |

|    |    |        |       |       |
|----|----|--------|-------|-------|
| 6  | 7  | 0.003  | 0.011 | 0.011 |
| 6  | 8  | 0.156  | 0.547 | 0.569 |
| 6  | 9  | 0.000  | 2.184 | 2.184 |
| 6  | 10 | 0.000  | 1.970 | 1.970 |
| 6  | 28 | 0.096  | 0.340 | 0.353 |
| 7  | 5  | 0.435  | 1.097 | 1.180 |
| 7  | 6  | 0.003  | 0.011 | 0.011 |
| 8  | 6  | 0.156  | 0.547 | 0.569 |
| 8  | 28 | 0.000  | 0.001 | 0.001 |
| 9  | 6  | 0.000  | 2.184 | 2.184 |
| 9  | 10 | -0.000 | 1.262 | 1.262 |
| 10 | 6  | 0.000  | 1.970 | 1.970 |
| 10 | 9  | -0.000 | 1.262 | 1.262 |
| 10 | 17 | 0.018  | 0.046 | 0.049 |
| 10 | 20 | 0.123  | 0.275 | 0.302 |
| 10 | 21 | 0.156  | 0.335 | 0.369 |
| 10 | 22 | 0.085  | 0.176 | 0.195 |
| 12 | 4  | 0.000  | 5.156 | 5.156 |
| 12 | 13 | -0.000 | 0.158 | 0.158 |
| 12 | 14 | 0.104  | 0.216 | 0.239 |
| 12 | 15 | 0.288  | 0.568 | 0.637 |
| 12 | 16 | 0.058  | 0.122 | 0.135 |
| 13 | 12 | -0.000 | 0.158 | 0.158 |
| 14 | 12 | 0.104  | 0.216 | 0.239 |
| 14 | 15 | 0.006  | 0.006 | 0.008 |
| 15 | 12 | 0.288  | 0.568 | 0.637 |
| 15 | 14 | 0.006  | 0.006 | 0.008 |
| 15 | 18 | 0.050  | 0.102 | 0.114 |
| 15 | 23 | 0.036  | 0.072 | 0.081 |
| 16 | 12 | 0.058  | 0.122 | 0.135 |
| 16 | 17 | 0.011  | 0.025 | 0.028 |
| 17 | 10 | 0.018  | 0.046 | 0.049 |
| 17 | 16 | 0.011  | 0.025 | 0.028 |
| 18 | 15 | 0.050  | 0.102 | 0.114 |
| 18 | 19 | 0.005  | 0.011 | 0.012 |
| 19 | 18 | 0.005  | 0.011 | 0.012 |
| 19 | 20 | 0.026  | 0.052 | 0.059 |
| 20 | 10 | 0.123  | 0.275 | 0.302 |
| 20 | 19 | 0.026  | 0.052 | 0.059 |
| 21 | 10 | 0.156  | 0.335 | 0.369 |
| 21 | 22 | 0.010  | 0.021 | 0.024 |
| 22 | 10 | 0.085  | 0.176 | 0.195 |
| 22 | 21 | 0.010  | 0.021 | 0.024 |
| 22 | 24 | 0.059  | 0.091 | 0.109 |
| 23 | 15 | 0.036  | 0.072 | 0.081 |
| 23 | 24 | 0.004  | 0.008 | 0.009 |
| 24 | 22 | 0.059  | 0.091 | 0.109 |
| 24 | 23 | 0.004  | 0.008 | 0.009 |
| 24 | 25 | 0.017  | 0.030 | 0.034 |
| 25 | 24 | 0.017  | 0.030 | 0.034 |

|    |    |       |       |       |
|----|----|-------|-------|-------|
| 25 | 26 | 0.049 | 0.073 | 0.088 |
| 25 | 27 | 0.054 | 0.103 | 0.116 |
| 26 | 25 | 0.049 | 0.073 | 0.088 |
| 27 | 25 | 0.054 | 0.103 | 0.116 |
| 27 | 28 | 0.000 | 1.902 | 1.902 |
| 27 | 29 | 0.129 | 0.244 | 0.276 |
| 27 | 30 | 0.247 | 0.464 | 0.526 |
| 28 | 6  | 0.096 | 0.340 | 0.353 |
| 28 | 8  | 0.000 | 0.001 | 0.001 |
| 28 | 27 | 0.000 | 1.902 | 1.902 |
| 29 | 27 | 0.129 | 0.244 | 0.276 |
| 29 | 30 | 0.052 | 0.098 | 0.111 |
| 30 | 27 | 0.247 | 0.464 | 0.526 |
| 30 | 29 | 0.052 | 0.098 | 0.111 |

TOTAL LOSSES: ( 14.836 + j 59.110)

=====

BUSDATA

| Bus    | Bus     | Voltage             |         | Angle       | ----Load---- |  |
|--------|---------|---------------------|---------|-------------|--------------|--|
|        |         | -----Generator----- |         | Static Mvar |              |  |
| No     | code    | Mag.                | Degree  | MW          | Mvar         |  |
| MW     | Mvar    | Qmin                | Qmax    | +Qc/-Ql     |              |  |
| 1      | 1       | 1.040               | -0.000  | 0.000       | 0.000        |  |
| 99.071 | -55.546 | 0.000               | 0.000   | 0.000       | 0.000        |  |
| 2      | 2       | 1.043               | -5.620  | 26.690      | 0.000        |  |
| 80.000 | 71.514  | -20.000             | 60.000  | 0.000       | 0.000        |  |
| 3      | 0       | 1.021               | -8.129  | 2.950       | 0.000        |  |
| 0.000  | 0.000   | 0.000               | 0.000   | 0.000       | 0.000        |  |
| 4      | 0       | 1.016               | -9.776  | 9.350       | 0.000        |  |
| 0.000  | 0.000   | 0.000               | 0.000   | 0.000       | 0.000        |  |
| 5      | 0       | 1.031               | -9.029  | 0.000       | 0.000        |  |
| 0.000  | 0.000   | 0.000               | 0.000   | 0.000       | 0.000        |  |
| 6      | 0       | 1.014               | -11.135 | 0.000       | 0.000        |  |
| 0.000  | 0.000   | 0.000               | 0.000   | 0.000       | 0.000        |  |
| 7      | 0       | 1.017               | -11.015 | 28.040      | 0.000        |  |
| 0.000  | 0.000   | 0.000               | 0.000   | 0.000       | 0.000        |  |
| 8      | 0       | 1.011               | -12.009 | 36.900      | 0.000        |  |
| 0.000  | 0.000   | 0.000               | 0.000   | 0.000       | 0.000        |  |
| 9      | 0       | 1.014               | -14.943 | 0.000       | 0.000        |  |
| 0.000  | 0.000   | 0.000               | 0.000   | 0.000       | 0.000        |  |
| 10     | 0       | 1.015               | -17.046 | 7.130       | 0.000        |  |
| 0.000  | 0.000   | 0.000               | 0.000   | 19.000      | 0.000        |  |
| 11     | 0       | 1.014               | -14.943 | 0.000       | 0.000        |  |
| 0.000  | 0.000   | 0.000               | 0.000   | 0.000       | 0.000        |  |
| 12     | 0       | 1.026               | -16.202 | 13.780      | 0.000        |  |
| 0.000  | 0.000   | 0.000               | 0.000   | 0.000       | 0.000        |  |
| 13     | 2       | 1.041               | -16.202 | 0.000       | 0.000        |  |
| 15.491 | 11.073  | -15.000             | 50.000  | 0.000       | 0.000        |  |
| 14     | 0       | 1.014               | -17.496 | 7.630       | 0.000        |  |
| 0.000  | 0.000   | 0.000               | 0.000   | 0.000       | 0.000        |  |

|         |           |       |         |         |         |       |
|---------|-----------|-------|---------|---------|---------|-------|
| 15      | 0         |       | 1.010   | -17.651 | 10.090  | 0.000 |
| 0.000   | 0.000     | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 16      | 0         |       | 1.018   | -17.041 | 4.310   | 0.000 |
| 0.000   | 0.000     | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 17      | 0         |       | 1.014   | -17.405 | 11.070  | 0.000 |
| 0.000   | 0.000     | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 18      | 0         |       | 1.003   | -18.507 | 3.940   | 0.000 |
| 0.000   | 0.000     | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 19      | 0         |       | 1.001   | -18.726 | 11.690  | 0.000 |
| 0.000   | 0.000     | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 20      | 0         |       | 1.004   | -18.388 | 2.710   | 0.000 |
| 0.000   | 0.000     | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 21      | 0         |       | 1.002   | -17.670 | 21.530  | 0.000 |
| 0.000   | 0.000     | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 22      | 2         |       | 1.000   | -17.575 | 0.000   | 0.000 |
| 33.729  | -17.683   |       | -15.000 | 62.500  | 0.000   |       |
| 23      | 2         |       | 1.000   | -18.185 | 3.940   | 0.000 |
| 19.292  | -1.783    |       | -10.000 | 40.000  | 0.000   |       |
| 24      | 0         |       | 0.997   | -18.433 | 10.700  | 0.000 |
| 0.000   | 0.000     | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 4.300   |       |
| 25      | 0         |       | 0.996   | -17.779 | 0.000   | 0.000 |
| 0.000   | 0.000     | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 26      | 0         |       | 0.985   | -18.736 | 4.310   | 0.000 |
| 0.000   | 0.000     | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 27      | 2         |       | 1.000   | -16.858 | 0.000   | 0.000 |
| 0.000   | -3.003    |       | -15.000 | 48.700  | 0.000   |       |
| 28      | 0         |       | 1.013   | -11.967 | 0.000   | 0.000 |
| 0.000   | 0.000     | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 29      | 0         |       | 0.982   | -18.666 | 2.950   | 0.000 |
| 0.000   | 0.000     | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 30      | 0         |       | 0.971   | -19.894 | 13.040  | 0.000 |
| 0.000   | 0.000     | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
|         | T O T A L |       |         |         | 232.750 | 0.000 |
| 247.584 | 4.572     |       |         |         | 23.300  |       |

==>> H O U R : 11 <<==

=====

LINE LOSSES

| --Line-- |    | --Line loss-- |        |        |
|----------|----|---------------|--------|--------|
| from     | to | MW            | Mvar   | MVA    |
| 1        | 2  | 5.545         | 16.607 | 17.509 |
| 1        | 3  | 2.743         | 11.238 | 11.568 |
| 2        | 1  | 5.545         | 16.607 | 17.509 |
| 2        | 4  | 1.089         | 3.320  | 3.494  |
| 2        | 5  | 0.456         | 1.915  | 1.968  |
| 2        | 6  | 1.821         | 5.524  | 5.816  |
| 3        | 1  | 2.743         | 11.238 | 11.568 |
| 3        | 4  | 0.735         | 2.109  | 2.233  |
| 4        | 2  | 1.089         | 3.320  | 3.494  |

|    |    |        |       |       |
|----|----|--------|-------|-------|
| 4  | 3  | 0.735  | 2.109 | 2.233 |
| 4  | 6  | 0.381  | 1.326 | 1.380 |
| 4  | 12 | 0.000  | 5.240 | 5.240 |
| 5  | 2  | 0.456  | 1.915 | 1.968 |
| 5  | 7  | 0.442  | 1.115 | 1.200 |
| 6  | 2  | 1.821  | 5.524 | 5.816 |
| 6  | 4  | 0.381  | 1.326 | 1.380 |
| 6  | 7  | 0.004  | 0.011 | 0.011 |
| 6  | 8  | 0.159  | 0.557 | 0.579 |
| 6  | 9  | 0.000  | 2.220 | 2.220 |
| 6  | 10 | 0.000  | 2.003 | 2.003 |
| 6  | 28 | 0.098  | 0.346 | 0.360 |
| 7  | 5  | 0.442  | 1.115 | 1.200 |
| 7  | 6  | 0.004  | 0.011 | 0.011 |
| 8  | 6  | 0.159  | 0.557 | 0.579 |
| 8  | 28 | 0.000  | 0.001 | 0.001 |
| 9  | 6  | 0.000  | 2.220 | 2.220 |
| 9  | 10 | -0.000 | 1.283 | 1.283 |
| 10 | 6  | 0.000  | 2.003 | 2.003 |
| 10 | 9  | -0.000 | 1.283 | 1.283 |
| 10 | 17 | 0.018  | 0.046 | 0.050 |
| 10 | 20 | 0.125  | 0.280 | 0.307 |
| 10 | 21 | 0.157  | 0.337 | 0.372 |
| 10 | 22 | 0.086  | 0.176 | 0.196 |
| 12 | 4  | 0.000  | 5.240 | 5.240 |
| 12 | 13 | 0.000  | 0.160 | 0.160 |
| 12 | 14 | 0.105  | 0.219 | 0.243 |
| 12 | 15 | 0.293  | 0.577 | 0.647 |
| 12 | 16 | 0.059  | 0.124 | 0.137 |
| 13 | 12 | 0.000  | 0.160 | 0.160 |
| 14 | 12 | 0.105  | 0.219 | 0.243 |
| 14 | 15 | 0.006  | 0.006 | 0.008 |
| 15 | 12 | 0.293  | 0.577 | 0.647 |
| 15 | 14 | 0.006  | 0.006 | 0.008 |
| 15 | 18 | 0.051  | 0.104 | 0.115 |
| 15 | 23 | 0.036  | 0.073 | 0.081 |
| 16 | 12 | 0.059  | 0.124 | 0.137 |
| 16 | 17 | 0.011  | 0.026 | 0.028 |
| 17 | 10 | 0.018  | 0.046 | 0.050 |
| 17 | 16 | 0.011  | 0.026 | 0.028 |
| 18 | 15 | 0.051  | 0.104 | 0.115 |
| 18 | 19 | 0.005  | 0.011 | 0.012 |
| 19 | 18 | 0.005  | 0.011 | 0.012 |
| 19 | 20 | 0.027  | 0.053 | 0.060 |
| 20 | 10 | 0.125  | 0.280 | 0.307 |
| 20 | 19 | 0.027  | 0.053 | 0.060 |
| 21 | 10 | 0.157  | 0.337 | 0.372 |
| 21 | 22 | 0.010  | 0.021 | 0.023 |
| 22 | 10 | 0.086  | 0.176 | 0.196 |
| 22 | 21 | 0.010  | 0.021 | 0.023 |



|                                    |    |       |       |       |
|------------------------------------|----|-------|-------|-------|
| 22                                 | 24 | 0.060 | 0.093 | 0.110 |
| 23                                 | 15 | 0.036 | 0.073 | 0.081 |
| 23                                 | 24 | 0.004 | 0.008 | 0.009 |
| 24                                 | 22 | 0.060 | 0.093 | 0.110 |
| 24                                 | 23 | 0.004 | 0.008 | 0.009 |
| 24                                 | 25 | 0.017 | 0.030 | 0.035 |
| 25                                 | 24 | 0.017 | 0.030 | 0.035 |
| 25                                 | 26 | 0.049 | 0.074 | 0.089 |
| 25                                 | 27 | 0.055 | 0.105 | 0.118 |
| 26                                 | 25 | 0.049 | 0.074 | 0.089 |
| 27                                 | 25 | 0.055 | 0.105 | 0.118 |
| 27                                 | 28 | 0.000 | 1.932 | 1.932 |
| 27                                 | 29 | 0.131 | 0.248 | 0.281 |
| 27                                 | 30 | 0.251 | 0.472 | 0.534 |
| 28                                 | 6  | 0.098 | 0.346 | 0.360 |
| 28                                 | 8  | 0.000 | 0.001 | 0.001 |
| 28                                 | 27 | 0.000 | 1.932 | 1.932 |
| 29                                 | 27 | 0.131 | 0.248 | 0.281 |
| 29                                 | 30 | 0.053 | 0.100 | 0.113 |
| 30                                 | 27 | 0.251 | 0.472 | 0.534 |
| 30                                 | 29 | 0.053 | 0.100 | 0.113 |
| TOTAL LOSSES: ( 15.081 + j 60.088) |    |       |       |       |

```
=====
```

BUSDATA

| Bus    | Bus     | Voltage   |         | Angle       | ----Load---- |       |
|--------|---------|-----------|---------|-------------|--------------|-------|
|        |         | Generator |         | Static Mvar |              |       |
| No     | code    | Mag.      | Degree  | MW          | Mvar         |       |
| MW     | Mvar    | Qmin      | Qmax    | +Qc/-Ql     |              |       |
| 1      | 1       | 1.040     | -0.000  | 0.000       | 0.000        | 0.000 |
| 99.499 | -55.797 | 0.000     | 0.000   | 0.000       |              |       |
| 2      | 2       | 1.043     | -5.668  | 26.910      | 0.000        | 0.000 |
| 80.000 | 72.315  | -20.000   | 60.000  | 0.000       |              |       |
| 3      | 0       | 1.021     | -8.196  | 2.980       | 0.000        | 0.000 |
| 0.000  | 0.000   | 0.000     | 0.000   | 0.000       |              |       |
| 4      | 0       | 1.016     | -9.858  | 9.420       | 0.000        | 0.000 |
| 0.000  | 0.000   | 0.000     | 0.000   | 0.000       |              |       |
| 5      | 0       | 1.031     | -9.104  | 0.000       | 0.000        | 0.000 |
| 0.000  | 0.000   | 0.000     | 0.000   | 0.000       |              |       |
| 6      | 0       | 1.014     | -11.228 | 0.000       | 0.000        | 0.000 |
| 0.000  | 0.000   | 0.000     | 0.000   | 0.000       |              |       |
| 7      | 0       | 1.016     | -11.107 | 28.270      | 0.000        | 0.000 |
| 0.000  | 0.000   | 0.000     | 0.000   | 0.000       |              |       |
| 8      | 0       | 1.011     | -12.110 | 37.200      | 0.000        | 0.000 |
| 0.000  | 0.000   | 0.000     | 0.000   | 0.000       |              |       |
| 9      | 0       | 1.014     | -15.069 | 0.000       | 0.000        | 0.000 |
| 0.000  | 0.000   | 0.000     | 0.000   | 0.000       |              |       |
| 10     | 0       | 1.015     | -17.189 | 7.190       | 0.000        | 0.000 |
| 0.000  | 0.000   | 0.000     | 0.000   | 19.000      |              |       |

|           |         |       |         |         |         |       |
|-----------|---------|-------|---------|---------|---------|-------|
| 11        | 0       |       | 1.014   | -15.069 | 0.000   | 0.000 |
| 0.000     | 0.000   | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 12        | 0       |       | 1.026   | -16.336 | 13.890  | 0.000 |
| 0.000     | 0.000   | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 13        | 2       |       | 1.041   | -16.336 | 0.000   | 0.000 |
| 18.718    | 11.136  |       | -15.000 | 50.000  | 0.000   |       |
| 14        | 0       |       | 1.014   | -17.642 | 7.690   | 0.000 |
| 0.000     | 0.000   | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 15        | 0       |       | 1.010   | -17.800 | 10.170  | 0.000 |
| 0.000     | 0.000   | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 16        | 0       |       | 1.017   | -17.183 | 4.340   | 0.000 |
| 0.000     | 0.000   | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 17        | 0       |       | 1.013   | -17.551 | 11.160  | 0.000 |
| 0.000     | 0.000   | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 18        | 0       |       | 1.002   | -18.662 | 3.970   | 0.000 |
| 0.000     | 0.000   | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 19        | 0       |       | 1.001   | -18.883 | 11.780  | 0.000 |
| 0.000     | 0.000   | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 20        | 0       |       | 1.004   | -18.543 | 2.730   | 0.000 |
| 0.000     | 0.000   | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 21        | 0       |       | 1.002   | -17.822 | 21.700  | 0.000 |
| 0.000     | 0.000   | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 22        | 2       |       | 1.000   | -17.728 | 0.000   | 0.000 |
| 33.009    | -17.483 |       | -15.000 | 62.500  | 0.000   |       |
| 23        | 2       |       | 1.000   | -18.343 | 3.970   | 0.000 |
| 18.474    | -1.687  |       | -10.000 | 40.000  | 0.000   |       |
| 24        | 0       |       | 0.997   | -18.591 | 10.790  | 0.000 |
| 0.000     | 0.000   | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 4.300   |       |
| 25        | 0       |       | 0.996   | -17.931 | 0.000   | 0.000 |
| 0.000     | 0.000   | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 26        | 0       |       | 0.985   | -18.895 | 4.340   | 0.000 |
| 0.000     | 0.000   | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 27        | 2       |       | 1.000   | -17.002 | 0.000   | 0.000 |
| 0.000     | -2.902  |       | -15.000 | 48.700  | 0.000   |       |
| 28        | 0       |       | 1.012   | -12.069 | 0.000   | 0.000 |
| 0.000     | 0.000   | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 29        | 0       |       | 0.982   | -18.825 | 2.980   | 0.000 |
| 0.000     | 0.000   | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 30        | 0       |       | 0.970   | -20.064 | 13.140  | 0.000 |
| 0.000     | 0.000   | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| T O T A L |         |       |         |         | 234.620 | 0.000 |
| 249.699   | 5.582   |       |         |         | 23.300  |       |

==>> H O U R : 21 <<==

=====

LINE LOSSES

| --Line-- |    | --Line loss-- |        |        |
|----------|----|---------------|--------|--------|
| from     | to | MW            | Mvar   | MVA    |
| 1        | 2  | 8.068         | 24.162 | 25.474 |
| 1        | 3  | 3.961         | 16.230 | 16.707 |

|    |    |        |        |        |
|----|----|--------|--------|--------|
| 2  | 1  | 8.068  | 24.162 | 25.474 |
| 2  | 4  | 1.590  | 4.847  | 5.101  |
| 2  | 5  | 0.661  | 2.776  | 2.853  |
| 2  | 6  | 2.653  | 8.051  | 8.477  |
| 3  | 1  | 3.961  | 16.230 | 16.707 |
| 3  | 4  | 1.063  | 3.052  | 3.232  |
| 4  | 2  | 1.590  | 4.847  | 5.101  |
| 4  | 3  | 1.063  | 3.052  | 3.232  |
| 4  | 6  | 0.554  | 1.929  | 2.007  |
| 4  | 12 | 0.000  | 7.555  | 7.555  |
| 5  | 2  | 0.661  | 2.776  | 2.853  |
| 5  | 7  | 0.643  | 1.622  | 1.745  |
| 6  | 2  | 2.653  | 8.051  | 8.477  |
| 6  | 4  | 0.554  | 1.929  | 2.007  |
| 6  | 7  | 0.005  | 0.015  | 0.016  |
| 6  | 8  | 0.231  | 0.808  | 0.840  |
| 6  | 9  | -0.000 | 3.222  | 3.222  |
| 6  | 10 | 0.000  | 2.907  | 2.907  |
| 6  | 28 | 0.145  | 0.513  | 0.533  |
| 7  | 5  | 0.643  | 1.622  | 1.745  |
| 7  | 6  | 0.005  | 0.015  | 0.016  |
| 8  | 6  | 0.231  | 0.808  | 0.840  |
| 8  | 28 | 0.001  | 0.002  | 0.002  |
| 9  | 6  | -0.000 | 3.222  | 3.222  |
| 9  | 10 | 0.000  | 1.863  | 1.863  |
| 9  | 11 | 0.000  | 0.000  | 0.000  |
| 10 | 6  | 0.000  | 2.907  | 2.907  |
| 10 | 9  | 0.000  | 1.863  | 1.863  |
| 10 | 17 | 0.026  | 0.067  | 0.072  |
| 10 | 20 | 0.182  | 0.405  | 0.444  |
| 10 | 21 | 0.195  | 0.420  | 0.463  |
| 10 | 22 | 0.097  | 0.200  | 0.222  |
| 11 | 9  | -0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 12 | 4  | 0.000  | 7.555  | 7.555  |
| 12 | 13 | 0.000  | 0.214  | 0.214  |
| 12 | 14 | 0.148  | 0.308  | 0.342  |
| 12 | 15 | 0.415  | 0.817  | 0.916  |
| 12 | 16 | 0.083  | 0.175  | 0.194  |
| 13 | 12 | 0.000  | 0.214  | 0.214  |
| 14 | 12 | 0.148  | 0.308  | 0.342  |
| 14 | 15 | 0.008  | 0.007  | 0.011  |
| 15 | 12 | 0.415  | 0.817  | 0.916  |
| 15 | 14 | 0.008  | 0.007  | 0.011  |
| 15 | 18 | 0.072  | 0.147  | 0.164  |
| 15 | 23 | 0.044  | 0.089  | 0.100  |
| 16 | 12 | 0.083  | 0.175  | 0.194  |
| 16 | 17 | 0.015  | 0.035  | 0.038  |
| 17 | 10 | 0.026  | 0.067  | 0.072  |
| 17 | 16 | 0.015  | 0.035  | 0.038  |
| 18 | 15 | 0.072  | 0.147  | 0.164  |

|    |    |       |       |       |
|----|----|-------|-------|-------|
| 18 | 19 | 0.008 | 0.015 | 0.017 |
| 19 | 18 | 0.008 | 0.015 | 0.017 |
| 19 | 20 | 0.039 | 0.077 | 0.087 |
| 20 | 10 | 0.182 | 0.405 | 0.444 |
| 20 | 19 | 0.039 | 0.077 | 0.087 |
| 21 | 10 | 0.195 | 0.420 | 0.463 |
| 21 | 22 | 0.005 | 0.010 | 0.011 |
| 22 | 10 | 0.097 | 0.200 | 0.222 |
| 22 | 21 | 0.005 | 0.010 | 0.011 |
| 22 | 24 | 0.081 | 0.127 | 0.151 |
| 23 | 15 | 0.044 | 0.089 | 0.100 |
| 23 | 24 | 0.005 | 0.011 | 0.012 |
| 24 | 22 | 0.081 | 0.127 | 0.151 |
| 24 | 23 | 0.005 | 0.011 | 0.012 |
| 24 | 25 | 0.026 | 0.046 | 0.053 |
| 25 | 24 | 0.026 | 0.046 | 0.053 |
| 25 | 26 | 0.071 | 0.106 | 0.127 |
| 25 | 27 | 0.081 | 0.155 | 0.175 |
| 26 | 25 | 0.071 | 0.106 | 0.127 |
| 27 | 25 | 0.081 | 0.155 | 0.175 |
| 27 | 28 | 0.000 | 2.786 | 2.786 |
| 27 | 29 | 0.189 | 0.357 | 0.404 |
| 27 | 30 | 0.362 | 0.681 | 0.771 |
| 28 | 6  | 0.145 | 0.513 | 0.533 |
| 28 | 8  | 0.001 | 0.002 | 0.002 |
| 28 | 27 | 0.000 | 2.786 | 2.786 |
| 29 | 27 | 0.189 | 0.357 | 0.404 |
| 29 | 30 | 0.076 | 0.145 | 0.163 |
| 30 | 27 | 0.362 | 0.681 | 0.771 |
| 30 | 29 | 0.076 | 0.145 | 0.163 |

TOTAL LOSSES: ( 21.805 + j 86.956)

```

=====
BUSDATA
Bus   Bus      Voltage      Angle      ----Load----
-----Generator-----      Static Mvar
No    code      Mag.         Degree      MW          Mvar
MW      Mvar      Qmin        Qmax      +Qc/-Ql
1      1          1.040      -0.000      0.000      0.000
99.248 -61.115    0.000      0.000      0.000
2      2          1.043      -6.838      32.120      0.000
80.000  93.255   -20.000     60.000      0.000
3      0          1.014      -9.864      3.550      0.000
0.000  0.000     0.000      0.000      0.000
4      0          1.009     -11.879     11.250      0.000
0.000  0.000     0.000      0.000      0.000
5      0          1.026     -10.959     0.000      0.000
0.000  0.000     0.000      0.000      0.000
6      0          1.006     -13.545     0.000      0.000
0.000  0.000     0.000      0.000      0.000

```

|            |       |           |         |         |         |       |
|------------|-------|-----------|---------|---------|---------|-------|
| 7          | 0     |           | 1.008   | -13.387 | 33.740  | 0.000 |
| 0.000      | 0.000 |           | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 8          | 0     |           | 1.002   | -14.615 | 44.400  | 0.000 |
| 0.000      | 0.000 |           | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 9          | 0     |           | 1.009   | -18.199 | 0.000   | 0.000 |
| 0.000      | 0.000 |           | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 10         | 0     |           | 1.014   | -20.750 | 8.580   | 0.000 |
| 0.000      | 0.000 |           | 0.000   | 0.000   | 19.000  |       |
| 11         | 0     |           | 1.009   | -18.199 | 0.000   | 0.000 |
| 0.000      | 0.000 |           | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 12         | 0     |           | 1.024   | -19.680 | 16.580  | 0.000 |
| 0.000      | 0.000 |           | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 13         | 2     |           | 1.041   | -19.680 | 0.000   | 0.000 |
| 38.447.000 |       | 12.865    | -15.000 | 50.000  | 0.000   |       |
| 14         | 0     |           | 1.010   | -21.265 | 9.180   | 0.000 |
| 0.000      | 0.000 |           | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 15         | 0     |           | 1.006   | -21.503 | 12.140  | 0.000 |
| 0.000      | 0.000 |           | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 16         | 0     |           | 1.014   | -20.717 | 5.180   | 0.000 |
| 0.000      | 0.000 |           | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 17         | 0     |           | 1.011   | -21.177 | 13.320  | 0.000 |
| 0.000      | 0.000 |           | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 18         | 0     |           | 0.998   | -22.533 | 4.740   | 0.000 |
| 0.000      | 0.000 |           | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 19         | 0     |           | 0.996   | -22.795 | 14.060  | 0.000 |
| 0.000      | 0.000 |           | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 20         | 0     |           | 1.000   | -22.383 | 3.260   | 0.000 |
| 0.000      | 0.000 |           | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 21         | 0     |           | 1.001   | -21.605 | 25.900  | 0.000 |
| 0.000      | 0.000 |           | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 22         | 2     |           | 1.000   | -21.526 | 0.000   | 0.000 |
| 35.000     |       | -12.261   | -15.000 | 62.500  | 0.000   |       |
| 23         | 2     |           | 1.000   | -22.276 | 4.740   | 0.000 |
| 30.000     |       | 0.778     | -10.000 | 40.000  | 0.000   |       |
| 24         | 0     |           | 0.996   | -22.525 | 12.880  | 0.000 |
| 0.000      | 0.000 |           | 0.000   | 0.000   | 4.300   |       |
| 25         | 0     |           | 0.995   | -21.709 | 0.000   | 0.000 |
| 0.000      | 0.000 |           | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 26         | 0     |           | 0.981   | -22.865 | 5.180   | 0.000 |
| 0.000      | 0.000 |           | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 27         | 2     |           | 1.000   | -20.582 | 0.000   | 0.000 |
| 19.147     |       | -0.239    | -15.000 | 48.700  | 0.000   |       |
| 28         | 0     |           | 1.004   | -14.578 | 0.000   | 0.000 |
| 0.000      | 0.000 |           | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 29         | 0     |           | 0.978   | -22.766 | 3.550   | 0.000 |
| 0.000      | 0.000 |           | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
| 30         | 0     |           | 0.964   | -24.261 | 15.690  | 0.000 |
| 0.000      | 0.000 |           | 0.000   | 0.000   | 0.000   |       |
|            |       | T O T A L |         |         | 280.040 | 0.000 |
| 301.842    |       | 33.284    |         |         | 23.300  |       |

==>> H O U R : 24 <<==

=====

LINE LOSSES

| --Line-- |    | --Line loss-- |        |        |
|----------|----|---------------|--------|--------|
| from     | to | MW            | Mvar   | MVA    |
| 1        | 2  | 5.545         | 16.607 | 17.509 |
| 1        | 3  | 2.743         | 11.238 | 11.568 |
| 2        | 1  | 5.545         | 16.607 | 17.509 |
| 2        | 4  | 1.089         | 3.320  | 3.494  |
| 2        | 5  | 0.456         | 1.915  | 1.968  |
| 2        | 6  | 1.821         | 5.524  | 5.816  |
| 3        | 1  | 2.743         | 11.238 | 11.568 |
| 3        | 4  | 0.735         | 2.109  | 2.233  |
| 4        | 2  | 1.089         | 3.320  | 3.494  |
| 4        | 3  | 0.735         | 2.109  | 2.233  |
| 4        | 6  | 0.381         | 1.326  | 1.380  |
| 4        | 12 | 0.000         | 5.240  | 5.240  |
| 5        | 2  | 0.456         | 1.915  | 1.968  |
| 5        | 7  | 0.442         | 1.115  | 1.200  |
| 6        | 2  | 1.821         | 5.524  | 5.816  |
| 6        | 4  | 0.381         | 1.326  | 1.380  |
| 6        | 7  | 0.004         | 0.011  | 0.011  |
| 6        | 8  | 0.159         | 0.557  | 0.579  |
| 6        | 9  | 0.000         | 2.220  | 2.220  |
| 6        | 10 | 0.000         | 2.003  | 2.003  |
| 6        | 28 | 0.098         | 0.346  | 0.360  |
| 7        | 5  | 0.442         | 1.115  | 1.200  |
| 7        | 6  | 0.004         | 0.011  | 0.011  |
| 8        | 6  | 0.159         | 0.557  | 0.579  |
| 8        | 28 | 0.000         | 0.001  | 0.001  |
| 9        | 6  | 0.000         | 2.220  | 2.220  |
| 9        | 10 | -0.000        | 1.283  | 1.283  |
| 10       | 6  | 0.000         | 2.003  | 2.003  |
| 10       | 9  | -0.000        | 1.283  | 1.283  |
| 10       | 17 | 0.018         | 0.046  | 0.050  |
| 10       | 20 | 0.125         | 0.280  | 0.307  |
| 10       | 21 | 0.157         | 0.337  | 0.372  |
| 10       | 22 | 0.086         | 0.176  | 0.196  |
| 12       | 4  | 0.000         | 5.240  | 5.240  |
| 12       | 13 | 0.000         | 0.160  | 0.160  |
| 12       | 14 | 0.105         | 0.219  | 0.243  |
| 12       | 15 | 0.293         | 0.577  | 0.647  |
| 12       | 16 | 0.059         | 0.124  | 0.137  |
| 13       | 12 | 0.000         | 0.160  | 0.160  |
| 14       | 12 | 0.105         | 0.219  | 0.243  |
| 14       | 15 | 0.006         | 0.006  | 0.008  |
| 15       | 12 | 0.293         | 0.577  | 0.647  |
| 15       | 14 | 0.006         | 0.006  | 0.008  |

|    |    |       |       |       |
|----|----|-------|-------|-------|
| 15 | 18 | 0.051 | 0.104 | 0.115 |
| 15 | 23 | 0.036 | 0.073 | 0.081 |
| 16 | 12 | 0.059 | 0.124 | 0.137 |
| 16 | 17 | 0.011 | 0.026 | 0.028 |
| 17 | 10 | 0.018 | 0.046 | 0.050 |
| 17 | 16 | 0.011 | 0.026 | 0.028 |
| 18 | 15 | 0.051 | 0.104 | 0.115 |
| 18 | 19 | 0.005 | 0.011 | 0.012 |
| 19 | 18 | 0.005 | 0.011 | 0.012 |
| 19 | 20 | 0.027 | 0.053 | 0.060 |
| 20 | 10 | 0.125 | 0.280 | 0.307 |
| 20 | 19 | 0.027 | 0.053 | 0.060 |
| 21 | 10 | 0.157 | 0.337 | 0.372 |
| 21 | 22 | 0.010 | 0.021 | 0.023 |
| 22 | 10 | 0.086 | 0.176 | 0.196 |
| 22 | 21 | 0.010 | 0.021 | 0.023 |
| 22 | 24 | 0.060 | 0.093 | 0.110 |
| 23 | 15 | 0.036 | 0.073 | 0.081 |
| 23 | 24 | 0.004 | 0.008 | 0.009 |
| 24 | 22 | 0.060 | 0.093 | 0.110 |
| 24 | 23 | 0.004 | 0.008 | 0.009 |
| 24 | 25 | 0.017 | 0.030 | 0.035 |
| 25 | 24 | 0.017 | 0.030 | 0.035 |
| 25 | 26 | 0.049 | 0.074 | 0.089 |
| 25 | 27 | 0.055 | 0.105 | 0.118 |
| 26 | 25 | 0.049 | 0.074 | 0.089 |
| 27 | 25 | 0.055 | 0.105 | 0.118 |
| 27 | 28 | 0.000 | 1.932 | 1.932 |
| 27 | 29 | 0.131 | 0.248 | 0.281 |
| 27 | 30 | 0.251 | 0.472 | 0.534 |
| 28 | 6  | 0.098 | 0.346 | 0.360 |
| 28 | 8  | 0.000 | 0.001 | 0.001 |
| 28 | 27 | 0.000 | 1.932 | 1.932 |
| 29 | 27 | 0.131 | 0.248 | 0.281 |
| 29 | 30 | 0.053 | 0.100 | 0.113 |
| 30 | 27 | 0.251 | 0.472 | 0.534 |
| 30 | 29 | 0.053 | 0.100 | 0.113 |

TOTAL LOSSES: ( 15.081 + j 60.088)

```

=====
BUSDATA OF PHASE: 1
Bus   Bus      Voltage   Angle      ----Load----
-----Generator-----      Static Mvar
No    code      Mag.      Degree     MW          Mvar
MW    Mvar      Qmin     Qmax      +Qc/-Ql
1     1          1.040    -0.000    0.000      0.000
98.975 -55.797    0.000    0.000    0.000
2     2          1.043    -5.668    26.910     0.000
80.000 72.315   -20.000   60.000    0.000

```

|        |         |       |         |         |        |       |
|--------|---------|-------|---------|---------|--------|-------|
| 3      | 0       |       | 1.021   | -8.196  | 2.980  | 0.000 |
| 0.000  | 0.000   | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 4      | 0       |       | 1.016   | -9.858  | 9.420  | 0.000 |
| 0.000  | 0.000   |       | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 5      | 0       |       | 1.031   | -9.104  | 0.000  | 0.000 |
| 0.000  | 0.000   |       | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 6      | 0       |       | 1.014   | -11.228 | 0.000  | 0.000 |
| 0.000  | 0.000   |       | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 7      | 0       |       | 1.016   | -11.107 | 28.270 | 0.000 |
| 0.000  | 0.000   |       | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 8      | 0       |       | 1.011   | -12.110 | 37.200 | 0.000 |
| 0.000  | 0.000   |       | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 9      | 0       |       | 1.014   | -15.069 | 0.000  | 0.000 |
| 0.000  | 0.000   |       | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 10     | 0       |       | 1.015   | -17.189 | 7.190  | 0.000 |
| 0.000  | 0.000   |       | 0.000   | 0.000   | 19.000 |       |
| 11     | 0       |       | 1.014   | -15.069 | 0.000  | 0.000 |
| 0.000  | 0.000   |       | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 12     | 0       |       | 1.026   | -16.336 | 13.890 | 0.000 |
| 0.000  | 0.000   |       | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 13     | 2       |       | 1.041   | -16.336 | 0.000  | 0.000 |
| 18.846 | 11.136  |       | -15.000 | 50.000  | 0.000  |       |
| 14     | 0       |       | 1.014   | -17.642 | 7.690  | 0.000 |
| 0.000  | 0.000   |       | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 15     | 0       |       | 1.010   | -17.800 | 10.170 | 0.000 |
| 0.000  | 0.000   |       | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 16     | 0       |       | 1.017   | -17.183 | 4.340  | 0.000 |
| 0.000  | 0.000   |       | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 17     | 0       |       | 1.013   | -17.551 | 11.160 | 0.000 |
| 0.000  | 0.000   |       | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 18     | 0       |       | 1.002   | -18.662 | 3.970  | 0.000 |
| 0.000  | 0.000   |       | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 19     | 0       |       | 1.001   | -18.883 | 11.780 | 0.000 |
| 0.000  | 0.000   |       | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 20     | 0       |       | 1.004   | -18.543 | 2.730  | 0.000 |
| 0.000  | 0.000   |       | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 21     | 0       |       | 1.002   | -17.822 | 21.700 | 0.000 |
| 0.000  | 0.000   |       | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 22     | 2       |       | 1.000   | -17.728 | 0.000  | 0.000 |
| 33.716 | -17.483 |       | -15.000 | 62.500  | 0.000  |       |
| 23     | 2       |       | 1.000   | -18.343 | 3.970  | 0.000 |
| 18.162 | -1.687  |       | -10.000 | 40.000  | 0.000  |       |
| 24     | 0       |       | 0.997   | -18.591 | 10.790 | 0.000 |
| 0.000  | 0.000   |       | 0.000   | 0.000   | 4.300  |       |
| 25     | 0       |       | 0.996   | -17.931 | 0.000  | 0.000 |
| 0.000  | 0.000   |       | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 26     | 0       |       | 0.985   | -18.895 | 4.340  | 0.000 |
| 0.000  | 0.000   |       | 0.000   | 0.000   | 0.000  |       |
| 27     | 2       |       | 1.000   | -17.002 | 0.000  | 0.000 |
| 0.000  | -2.902  |       | -15.000 | 48.700  | 0.000  |       |



|         |           |       |       |         |         |       |
|---------|-----------|-------|-------|---------|---------|-------|
| 28      | 0         |       | 1.012 | -12.069 | 0.000   | 0.000 |
| 0.000   | 0.000     | 0.000 | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000 |
| 29      | 0         |       | 0.982 | -18.825 | 2.980   | 0.000 |
| 0.000   | 0.000     | 0.000 | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000 |
| 30      | 0         |       | 0.970 | -20.064 | 13.140  | 0.000 |
| 0.000   | 0.000     | 0.000 | 0.000 | 0.000   | 0.000   | 0.000 |
|         | T O T A L |       |       |         | 234.620 | 0.000 |
| 249.699 | 5.582     |       |       |         | 23.300  |       |

G E N E R A T I O N   C O S T : 18895.090