

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



**OPTIMASI PROBLEM *ECONOMIC DISPATCH* PADA UNIT
PEMBANGKIT THERMAL DENGAN MEMPERHITUNGGAN RUGI-
RUGI SALURAN TRANSMISI MENGGUNAKAN METODE *LINEAR*
PROGRAMMING PADA SISTEM TRANSMISI 500 kV PEMBANGKITAN
JAWA-BALI**

Disusun oleh :
Moch. Syaifullah
02.12.068

MARET 2007

1
MAY 2001

05.13.001
KORP. GABUNGAN
DIREKSI KORP :

TAMBAHAN

MEMORANDUM BUDY BILAN TAHUNAN 2001 RA BENDUKAN
KORP. GABUNGAN TAHUNAN MEMERIKSA METODE TUNJUK
BENDUKAN. MELAKUKAN DEMO MEMERIKSA BUDY
BILAN BUDY ECONOMIC TAHUNAN BUDY BILAN



KONSERVASI TEKNIK ENERGI PASIR 8-1
TUNJUK TEKNIK ETEKIMO
KURSI TEKNIK PASIR
INSURTE TEKNIK PASIR PASIR

KATA PENGANTAR

Dengan rahmat Tuhan Yang Maha Esa, dan mengucapkan syukur kehadirannya atas karunia yang dilimpahkan kepada saya sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Optimasi Problem *Economi Dispatch* Pada Unit Pembangkit Thermal Dengan Memperhitungkan Rugi-Rugi Saluran Transmisi Menggunakan Metode *Linear Programming* Pada Sistem Transmisi 500 kV Pembangkitan Jawa-Bali”

Skripsi ini bertujuan untuk memenuhi kurikulum akademik yang harus ditempuh oleh setiap mahasiswa ITN Malang dalam menempuh sekaligus mengakhiri pendidikan pada jenjang S-1 pada Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Energi Listrik.

Saya menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, karena itu saran dan kritik membangun sangat saya harapkan.

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

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Abraham Lomi MSEE Sebagai Rektor ITN Malang.
2. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSME Sebagai Dekan ITN Malang.
3. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT Sebagai Kajar Tehnik Elektro S-1.
4. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT, Sebagai Sekjur Tehnik Elektro S-1 dan selaku Dosen Pembimbing skripsi.
5. Bapak Bambang Prio Hartono, ST, MT Sebagai penguji skripsi.
6. Bapak Ir. Djojo Priatmono, MT Sebagai penguji Skripsi.

LEMBAR PERSETUJUAN

OPTIMASI PROBLEM *ECONOMIC DISPATCH* PADA UNIT
PEMBANGKIT THERMAL DENGAN MEMPERHITUNGKAN RUGI-
RUGI SALURAN TRANSMISI MENGGUNAKAN METODE *LINEAR*
PROGRAMMING PADA SISTEM TRANSMISI 500 kV PEMBANGKITAN

JAWA-BALI

SKRIPSI

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

Disusun oleh :

Moch. Syaifullah
Nim.02.12.068

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro



Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP.Y.103 950 0274

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP.Y. 101 8800189

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



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

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : MOCH. SYAIFULLAH
Nim : 02.12.068
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : OPTIMASI PROBLEM *ECONOMIC DISPATCH* PADA UNIT PEMBANGKIT THERMAL DENGAN MEMPERHITUNGAN RUGI-RUGI SALURAN TRANSMISI MENGGUNAKAN METODE *LINEAR PROGRAMMING* PADA SISTEM TRANSMISI 500 kV PEMBANGKITAN JAWA-BALI.

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

Hari : Jum'at
Tanggal : 23 Maret 2007
Dengan Nilai : 81,55 (A) *BY*



Ir. Mochtar Asroni, MSME
Ketua

Panitia Ujian Skripsi

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
Sekretaris

Anggota Penguji

Ir. Djojo Priatmono, MT
Penguji Pertama

Bambang Prio Hartono, ST, MT
Penguji Kedua

FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI









Nama : Moch Syaifullah

NIM : 02.12.068

Jurusan : Teknik Elektro S-1

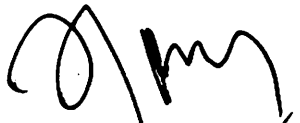
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Judul Skripsi : OPTIMASI PROBLEM *ECONOMIC DISPATCH* PADA UNIT PEMBANGKIT THERMAL DENGAN MEMPERHITUNGGAN RUGI-RUGI SALURAN TRANSMISI MENGGUNAKAN METODE *LINEAR PROGRAMMING* PADA SISTEM TRANSMISI 500 kV PEMBANGKITAN JAWA-BALI.

No	Uraian	Paraf
1	Pendahuluan disesuaikan	
2	Perumusan masalah dibuat kata tanya	
3	Pada tujuan tulisan skripsi dihilangkan	
4	Sesuaikan judul pada bab III	
5	Validasi program dan eksekusi program dipindah ke bab III	
6	Hasil eksekusi program di beri keterangan	
7	Kesimpulan ditambah	
8	Abstraksi	

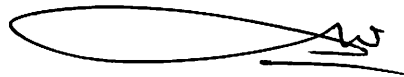
Disetujui,

Penguji Pertama



Ir. Djojo Priatmono, MT
NIP. Y. 1018500107

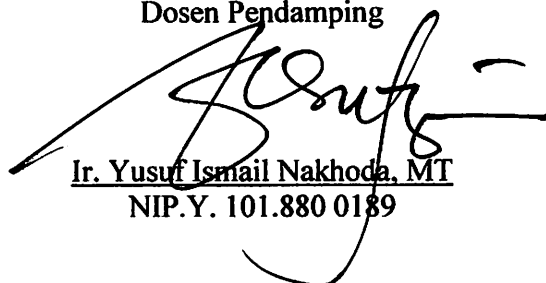
Penguji Kedua



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

Mengetahui,

Dosen Pendamping



Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP.Y. 101.880 0189

A B STRAKSI

OPTIMASI PROBLEM *ECONOMIC DISPATCH* UNIT PEMBANGKIT THERMAL DENGAN MEMPERHITUNGAN RUGI-RUGI SALURAN TRANSMISI MENGGUNAKAN METODE *LINEAR PROGRAMMING* PADA SISTEM JARINGAN TRANSMISI 500 kV PEMBANGKITAN JAWA-BALI, JURUSAN TEHNIK ELEKTRO S-1 KONSENTRASI ENERGI LISTRIK

Moch. Syaifullah 02.12.068

Dosen Pembimbing, Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT

Kata kunci : Optimasi, Linear Programming, Power Plant

Solusi eksak dari problem pembangkitan ekonomis dilakukan dengan pendekatan *programming* nonlinier, tetapi pendekatan ini didapati sebagai tidak populer karena lambatnya dalam konvergensi, kebutuhan titik awal yang sesuai dan kadang-kadang komputasi tidak andal. Pendekatan *linier programming* atraktif karena kecepatannya dalam mencapai konvergensi komputasi yang andal dan kokoh (*robust*). Sehingga perlunya mempresentasikan algoritma yang praktis dan andal yang dikembangkan untuk menyelesaikan problem pembagian beban ekonomis sistem tenaga listrik untuk meminimasi biaya pembangkitan dengan tetap memenuhi kebutuhan beban yang ada sekaligus memenuhi persyaratan berbagai kendala. Bagaimana membuat algoritma dengan metode *linear programming*, bagaimana mengoptimalkan biaya pembangkitan dengan menggunakan problem *Economic Dispatch* yang dihasilkan pembangkit tenaga listrik thermal dengan memperhitungkan *losses* transmisi. Dapat mengoptimalkan biaya bahan bakar sehingga dapat meminimasi biaya pembangkitan dengan memperhitungkan rugi-rugi saluran transmisi pada saluran transmisi 500 kV sub sistem pembangkitan Jawa-Bali dengan metode *linear programming*.

Cara membentuk suatu *linier programming* untuk menyelesaikan problem optimasi ini dengan membentuk suatu fungsi tujuan, kendala-kendala persamaan pertidaksamaan sistem tenaga yang merefleksikan persyaratan pengoperasian sistem.

Analisa ini menggunakan program Matlab 7.0.4. pada sistem tenaga listrik Jawa-Bali 500 kV. Data yang digunakan pada tanggal 11 Desember 2006 jam 19.00 WIB. Terdapat 6 pusat pembangkit yang terdiri 39 pembangkit, 23 bus, 27 saluran Dan 17 pembebanan yang semuanya terinterkoneksi melalui saluran transmisi 500 kV. Dari optimasi pembangkit ini kita dapat menekan biaya pembangkitan maupun penyaluran yang optimum dimana pada saluran transmisi rugi-rugi saluran sebelum optimasi 75,470284 MW dan setelah optimasi 74,974606 MW selisih optimasi didapat 0,495678 MW sehingga dapat mengurangi biaya pembangkitan dari pembangkitan sebelum dioptimasi didapat harga sebesar Rp. 23.650.138,869,- dan setelah dioptimasi didapat harga sebesar Rp. 22.057.708,880,- sehingga selisih optimasi sebesar Rp. 1.592.429,989,-.



KATA PENGANTAR

7. Bapak, Ibu dan adik Faizin tercinta atas supportnya.
8. Bapak Ari niaga PT. Indonesia Power PLTGU Grati, atas bimbingannya.
9. Bapak Onda, Bapak Agung, Bapak Saud Dan Bapak Mulyana (SDM) PT.
PLN P3B Pusat, atas bimbingannya.
10. Mas Jamal Ludin atas arahannya.
11. Saudara-saudara saya di Probolinggo atas supportnya.
12. Teman-teman terima kasih atas supportnya dan diskusinya.

Akhirnya saya mengharapkan skripsi ini berguna dan bermanfaat bagi rekan mahasiswa khususnya Jurusan Teknik Elektro S-1 ITN Malang.

Malang, 7 Maret 2007

Penyusun



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUANi
ABSTRAKSI.....	..iii
KATA PENGANTAR.....	..iv
DAFTAR ISI.....	..vi
DAFTAR GAMBAR.....	..x
DAFTAR TABEL.....	..xii
DAFTAR GRAFIK.....	..xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang1
1.2. Perumusan Masalah.....	..3
1.3. Tujuan Penelitian.....	..3
1.4. Batasan Masalah.....	..3
1.5. Metodologi Penelitian4
1.6. Sistematika Penulisan5
1.7. Kontribusi Penelitian7
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1. Sistem Tenaga Listrik.....	..8
2.2. Kurva Input Output	10
2.3. <i>Economic Dispatch</i> Pembangkit	19
2.4. Komponen Sistem Tenaga Listrik.....	21

2.4.1	Macam-Macam Unit Pembangkit Thermal.....	21
2.4.2.	Transmisi	21
2.4.2.1.	Daya Pada Rangkaian Tiga Fasa Yang Seimbang.....	21
2.4.2.2.	Besarnya Persatuan Atau Per Unit.....	25
2.4.2.3.	Impedansi Seri Saluran.....	26
2.4.2.3.1.	Jenis Jenis-Penghantar	26
2.4.2.4.	Saluran Transmisi	27
2.4.2.4.1.	Saluran Transmisi Pendek (Dengan Panjang Saluran < 80 km)	27
2.4.2.4.2.	Saluran Transmisi Menengah (Dengan Panjang saluran < 240 km).....	28
2.4.2.4.3.	Saluran Transmisi Panjang (Dengan Panjang Saluran ≥ 240 km).....	29
2.4.2.5.	Perhitungan Jala Jala Menggunakan Aliran DC	30
2.5.	Pembebanan Ekonomis	32

**BAB III METODE *LINEAR PROGRAMMING* UNIT THERMAL PADA
SISTEM JARINGAN TRANSMISI 500 kV PEMBANGKITAN
JAWA-BALI**

3.1.	Sistem Tenaga Listrik Pada Sistem 500 kV Jawa-Bali.	33
3.2.	Formulasi Permasalahan	35
3.3.	<i>Objective Function</i>	35
3.4.	Kendala Kendala Pengoperasian.....	36
3.4.1.	Kendala Keseimbangan Daya.....	36

3.4.2. Kendala Pembangkitan.....	37
3.4.3. Kendala Keselamatan.....	37
3.5. Metode-Metode <i>Linear Programming</i>	41
3.5.1. Metode <i>Linear Programming</i> Dengan Hanya Variabel-Variabel Tenaga Riil.....	45
3.6. Metode Newton Raphson.....	47
3.7. Validasi Program.....	52
3.8. Program Komputer Menggunakan Metode <i>Linear Programming</i> (SQP dan <i>Jacobian</i>).....	58
3.9. Aliran Algoritma Optimasi Problem <i>Economic Dispatch</i> Unit Thermal menggunakan metode <i>Linear Programming</i>	58
3.10. <i>Flow Chart</i>	61
3.11. <i>Flow Chart</i> Penurunan Rumus Di Jurnal.....	61
3.12. <i>Flow Chart</i> Metode Metode <i>Linear Programming</i>	63
3.13. <i>Flow Chart</i> Solusi Aliran Daya Newton Raphson.....	64
3.14. Simulasi Program Sebagai pemecahan Masalah Problem Pembangkitan Dengan Metode <i>Linear Programming</i>	65

BAB IV ANALISA DAN HASIL

4.1. Pendahuluan	68
4.2. Aplikasi Algoritma Metode <i>Linear Programming</i> Pada Pembangkitan Jawa-Bali 500 kV.....	69
4.3. Data Unit Pembangkit Thermal.....	69
4.4. Beban Sistem.....	71

4.5. Data Saluran.....	73
4.6. Analisa Program Dan Perhitungan.....	74

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan.....	87
5.2. Saran.....	88

DAFTAR PUSTAKA

Lampiran-Lampiran



DAFTAR GAMBAR

DAFTAR GAMBAR

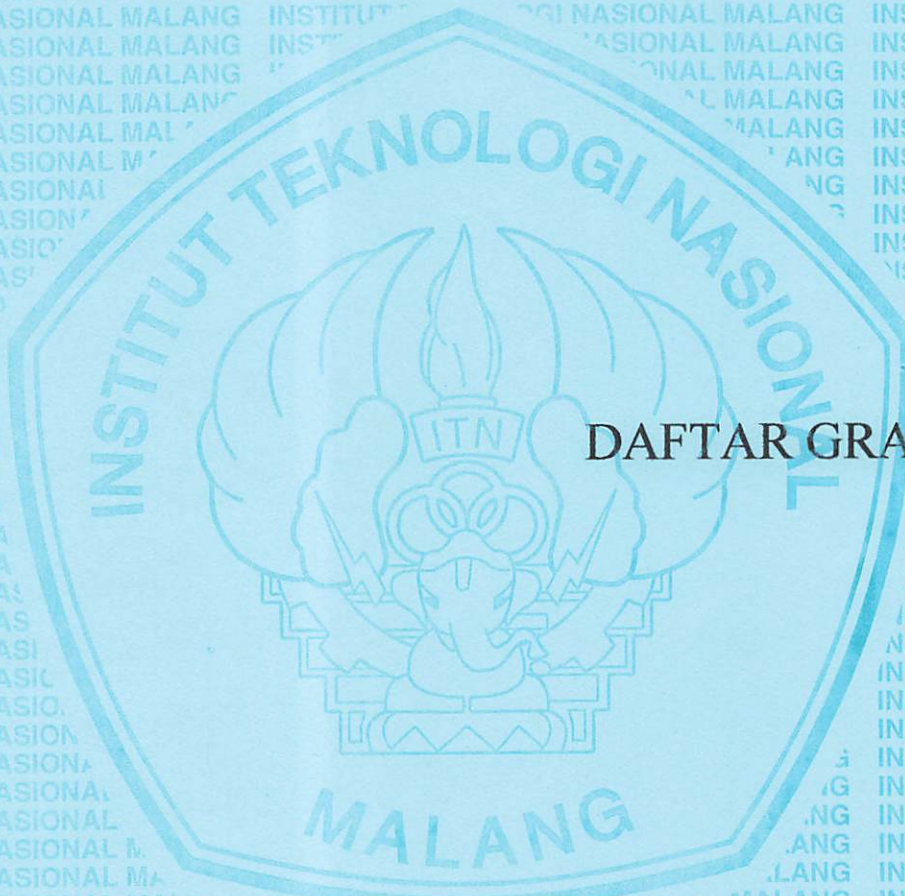
Gambar :	Hal :
2-1. Sistem Tenaga Listrik Dengan Jaringan Transmisi 500 kV Pembangkitan Jawa-Bali.....	9
2-2. Kurva Input Output Dari Unit Pembangkit Thermis.....	11
2-3. Kurva Input Output Dari Unit Pembangkit Hidro.....	12
2-4. Kurva Masukan Keluaran Untuk Unt Pembangkit Yang Menunjukkan Masukan Bahan Bakar Versus Keluaran Daya.....	12
2-5. Biaya Bahan Bakar Tambahan Versus Keluaran Daya Untuk Unit Kurva Masukan Keluaran	14
2-6. Perubahan Beban Setiap Waktu.....	19
2-7. N Buah Pembangkit Yang Melayani Beban Tiap P_R Melalui Saluran Transmisi	20
2-8 Representasi Segitiga Daya.....	23
2-9. Saluran Transmisi Pendek	27
2-10. Rangkaian Transmisi Nominal T	28
2-11. Rangkaian Saluran Nominal Π	29
2-12. Rangkaian Saluran Panjang	29
2-13. Segaris Sistem Sederhana	30
2-14. Diagram Admitansi.....	31
3-1. Sistem Jaringan Tenaga Listrik 500 kV Jawa Bali.....	34

3-2.	Sebuah Karakteristik Fungsi Harga Non <i>Linear</i>	42
3-3.	Sebuah Fungsi Harga <i>Linear</i>	42
3-4.	Nilai Rugi-Rugi Sebelum Optimasi Pada Tiap Bus.....	55
3.5.	Nilai Jumlah Pembangkit, Rugi-Rugi Saluran, Pembebanan Dan Harga Pembangkitan Sebelum Optimasi.....	55
3.6.	Nilai Rugi-Rugi Setelah Optimasi Pada Tiap Saluran.....	56
3.7.	Nilai Jumlah Pembangkit, Jumlah Pembebanan, Jumlah Rugi-Rugi Tiap Saluran Dan Jumlah Harga Pembangkitan.....	56
3.8.	<i>Flow Chart</i> Optimasi <i>Economic Dispatch</i> unit Thermal Dengan memperhitungkan Rugi-Rugi Saluran Transmisi Menggunakan <i>Linear Programming</i>	62
3.9.	Stategi Solusi <i>Linear Programmig Optimal Power Flow</i>	63
3.10.	<i>Flow Chart</i> Solusi Aliran Daya Newton Raphson	64
3.11.	Tampilan Program Utama	65
3.12.	Tampilan Pembuatan Program	65
3.13.	Tampilan Hasil Program Sebelum Proses Optimasi.....	66
3.14.	Tampilan Hasil Lokasi, Type, Dan Settingan Dari <i>Linear Programming</i>	66
3.15.	Tampilan Hasil Settingan Optimasi <i>Linear Programming</i>	67

DAFTAR TABEL

Tabel :	Hal :
2-1. Jenis Jenis Penghantar Jaringan Transmisi 500 kV Jawa-Bali.....	26
3-1. Data Saluran Transmisi Pada Jurnal	52
3-2. Data Unit Pembangkitan Pada Jurnal	53
3-3. Data Kebutuhan Beban Pada Jurnal.....	54
3-4. Perbandingan harga Pembangkitan Pada Jurnal Dengan Hasil Optimasi.....	57
4-1. Data Unit Pembangkitan	70
4-2. Data Kebutuhan Beban.....	71
4-3. Data Kebutuhan Beban Pembangkitan.....	72
4-4. Data Saluran Transmisi.....	73
4-5. Daya Pembangkitan Sebelum Optimasi.....	76
4-6. Harga Total Incremental Pembangkitan Tiap Bus.....	76
4-7. Rugi-Rugi Sebelum Optimasi pada Saluran	76
4-8. Daya Pembangkitan Setelah Di Optimasi.....	77
4-9. Rugi-Rugi Saluran Setelah Di Optimasi.....	78
4-10. Perbandingan Daya Aktif Pembangkitan Sebelum Dan Sesudah Optemasi.....	79
4-11. Perbandingan Jumlah Rugi Rugi Saluran Sebelum Dan Sesudah Optimasi.....	79
4-12. Perbandingan Harga Biaya Pembangkitan PLN Dengan sebelum Dan Sesudah Optimasi.....	80

4-13. Perbandingan Jumlah Pembangkitan Sebelum Dan Jumlah Pemangkitan Sesudah Optimasi.....	80
4-14. Perbandingan Jumlah Rugi-Rugi Pembangkitan Sesudah Optimasi dan Jumlah Rugi-Rugi Saluran Setelah Optimasi.....	80
4-15. Perbandingan Jumlah Harga Pembangkitan Sebelum Dan Sesudah Optimasi.....	81
4-16. Batasan-Batasan Thermal Unit Pembangkit Yang Di Jumlah Dalam Bentuk Bus.....	82



DAFTAR GRAFIK

DAFTAR GRAFIK

Grafik :	Hal :
4-1. Tampilan Hasil Grafik Output Daya Aktif Dari Pusat Pembangkit Pada Tiap Bus Antara PLN Dengan Program.....	81
4-2. Tampilan Hasil Grafik Perbandingan Biaya Harga Pembangkitan Sebelum Dan Sesudah Optimasi Antara PLN Dan Program.....	85

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Konsumsi energi listrik pertahun meningkat secara drastis di seluruh penjuru dunia. Standar kehidupan suatu negara dalam hal tertentu terkait dengan tingkat pemakaian listriknya. Industrialisasi yang cepat memungkinkan terjadi bila tenaga listrik yang murah tersedia. Karena itu, metode untuk memproduksi dan mendistribusikan tenaga listrik secara ekonomis sedang dipelajari secara intensif oleh peneliti-peneliti yang berkecimpung dalam persoalan ini. Komponen-komponen utama adalah pembangkit (*power plant*), jaringan transmisi dan distribusi, dan pusat-pusat beban. Jenis pembangkit yang menjadi perhatian disini adalah pusat-pusat pembangkit besar dimana bahan bakar fosil, dengan bantuan unit turbin generator-generator ukuran besar. Biasanya pembangkit-pembangkit jenis ini ditempatkan pada lokasi yang ditentukan oleh ketersediaan transportasi bahan bakar, air pendingin, masalah lingkungan atau pertimbangan fisik lainnya. Ini mengartikan bahwa lokasi pembangkit-pembangkit biasanya berjauhan dengan pusat-pusat beban. Untuk mencapai biaya minimum yang diperlukan untuk dan memberikan keamanan yang cukup dalam mensupply tenaga listrik, maka diperlukan suatu pembagian beban secara ekonomis.

Karena itu problem pembagian beban secara ekonomis menjadi sangat penting untuk diperhatikan. Sejumlah teknik telah dicoba untuk menyelesaikan persoalan pembangkitan ekonomis sistem tenaga listrik. Metode pembangkitan

dengan urutan prioritas melakukan peringkatan pembangkit berdasarkan urutan yang disukai. Dimana, pembangkit dapat diurut sesuai dengan urutan biaya pemakaian bahan bakarnya (\$/KWh) mulai dari yang paling murah. Urutan yang dipilih dapat dimodifikasi untuk melakukan koreksi karena keselamatan, *losses* sistem, dan lain-lain. Dalam penggunaan urutan ini, pengatur akan menimbang kebutuhan yaitu jumlah keseluruhan kebutuhan beban perjam ditambah dengan cadangan yang diperlukan, dan membangkitkan tenaga pada generator sesuai dengan urutan prioritas dengan kapasitas yang cukup dengan besar kebutuhan.

Untuk penghentian pembangkitan sejumlah kapasitas, maka dipilih urutan pembangkitan yang paling mahal. Suatu metode iterasi untuk menghitung pembangkitan pada pembangkit yang terkait dengan komputasi sangat cepat telah memperoleh perhatian yang sangat atraktif. Disini, fungsi biaya diminimasi melalui penyesuaian variable-variabel dengan syarat bahwa kendala-kendala persamaan dan pertidaksamaan juga terpenuhi. Solusi dari problem optimasi seperti ini merupakan bagian dari suatu cabang matematik yang disebut dengan *programming* matematik. Terdapat berbagai solusi yang menimbang *programming* matematik dalam menyelesaikan pembagian beban ekonomis pada sistem tenaga listrik.

Solusi eksak dari problem pembangkitan ekonomis dilakukan dengan pendekatan *programming* nonlinier, tetapi pendekatan ini didapati sebagai tidak populer karena lambatnya dalam konvergensi, kebutuhan titik awal yang sesuai dan kadang-kadang komputasi tidak andal. Pendekatan *linier programming* atraktif karena kecepatannya dalam mencapai konvergensi komputasi yang andal

dan kokoh (*robust*). Sehingga perlunya mempresentasikan algoritma yang praktis dan andal yang dikembangkan untuk menyelesaikan problem pembagian beban ekonomis sistem tenaga listrik untuk meminimasi biaya pembangkitan dengan tetap memenuhi kebutuhan beban yang ada sekaligus memenuhi persyaratan berbagai kendala.

1.2. Perumusan Masalah

1. Bagaimana membuat algoritma dengan metode *linear programming*
2. Bagaimana mengoptimalkan biaya pembangkitan dengan menggunakan Problem *Economic Dispatch* yang dihasilkan pembangkit tenaga listrik thermal dengan memperhitungkan *losses* transmisi.
3. Bagaimana persentase perbandingan optimasi sebelum dan sesudah optimasi dengan menggunakan metode *linear programming*.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai adalah untuk mengoptimalkan biaya bahan bakar sehingga dapat meminimasi biaya pembangkitan dengan memperhitungkan rugi-rugi saluran transmisi pada saluran transmisi 500 kV sub sistem pembangkitan Jawa-Bali dengan metode *linear programming*.

1.4. Batasan Masalah

Dalam penulisan makalah skripsi ini akan dilakukan analisa tentang pembangkitan ekonomis dengan menggunakan metode *linear programming*

simulasi Matlab 7.0 pada sistem transmisi 500 kV Pembangkitan Jawa-Bali sebagai objek utama dalam penelitian pembahasan ini dibatasi sebagai berikut :

1. Analisa dilakukan dengan asumsi bahwa sistem berada dalam kondisi beroperasi normal.
2. Analisa tidak membahas secara detail pembangkit hanya sebatas harga pembangkit per/KWh setiap pembangkit sebagai output daya aktif.
3. Analisa membahas masalah rugi-rugi saluran transmisi.
4. Tidak membahas masalah cadangan berputar (*spanning reserve*)
5. Analisa dilakukan pada pembangkit yang terinterkoneksi pada jaringan transmisi 500 kV area pembangkitan Jawa-Bali.
6. Analisa menggunakan bahasa pemrograman Matlab 7.0.4
7. Analisa aliran daya menggunakan Newton Raphson.

1.5. Metodologi Penelitian

Adapun metode yang digunakan dalam pembahasan makalah skripsi ini adalah sebagai berikut ;

- a. *Study* lapangan untuk mendapatkan data pembangkitan dan jaringan yang dibutuhkan dari objek penelitian PT.PLN.P3B Jawa-Bali, PT. Pembangkitan Jawa-Bali, unit-unit PT. Indonesia Power dan berpedoman pada teori yang diperoleh dan *study* kepustakaan.
- b. *Study* kepustakaan

Pengumpulan referensi-referensi yang mengandung dalam penyusunan skripsi ini antara lain :

- Teori tentang sistem tenaga listrik, macam-macam pembangkit dan pembangkitan yang terinterkoneksi.
 - Teori *economic dispatch* dengan memperhitungkan *losses* transmisi.
 - Teori analisa sistem tenaga.
 - Teori tentang *linear programming*.
 - Tutorial Matlab 7.0.
- c. Menyusun program komputer dengan simulasi Matlab 7.0.
- d. Membuat analisa dan evaluasi, sehingga dapat disimpulkan apakah metode yang diterapkan lebih efisien dan ekonomis dibandingkan dengan yang digunakan pada PT. PLN area pembangkitan Jawa-Bali khusus transmisi 500 kV.

Melakukan analisis dengan menggunakan bahasa program Matlab :

- a. Analisis aliran daya pada sistem 500 kV Jawa-Bali menggunakan Newton Raphson.
- b. Analisis optimasi pembangkitan yang terinterkoneksi dengan jaringan 500 kV, *losses* jaringan menggunakan metode *linear programming*.
- c. Analisis menentukan realisasi optimasi pembangkitan ekonomis terhadap sistem 500 kV Jawa-Bali diantaranya membangkitkan pembangkit yang termurah dan menghentikan yang termahal lebih dulu, pengurangan rugi-rugi pada saluran dan membandingkan dengan pengoperasian dengan harga operasi PLN.
- d. Menarik kesimpulan apakah metode ini cukup efektif dalam menghasilkan perbaikan-perbaikan pada sistem pembangkitan Jawa Bali.

1.6. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika pembahasan pada skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Menguraikan latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penulisan, sistematika penulisan dan kontribusi penelitian.

BAB II : KAJIAN PUSTAKA

Menguraikan masalah sistem tenaga listrik, penjelasan tentang output daya aktif yang substitusikan ke harga pembangkitan yang memproduksi tenaga listrik, teori *economic dispatch*, teori tentang komponen sistem tenaga antara lain macam unit pembangkit dan saluran transmisi dan teori kondisi perubahan pembebanan *economic dispatch*.

BAB III : METODE *LINEAR PROGRAMMING* PADA UNIT PEMBANGKIT THERMAL SISTEM JARINGAN TRANSMISI 500 kV PEMBANGKITAN JAWA-BALI

Sistem Tenaga listrik 500 kV Jawa-Bali, membahas formulasi permasalahan, *objective function*, kendala-kendala pengoperasian dimana kendala keseimbangan daya, kendala pembangkitan dan kendala keselamatan, metode-metode *linear programming* dimana metode *linear programming* dengan variabel riil dan metode Newton Raphson, validasi program, penggunaan komputer dengan

metode (SQP dan *Jacobian*), algoritma pemecahan masalah, *flow chart*, simulasi program.

BAB IV : ANALISIS DAN HASIL

Pendahuluan, aplikasi algoritma metode *linear programming*, data unit pembangkit thermal, data beban sistem, data saluran dan analisa program dan hasil perhitungan.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Memuat intisari dan hasil pembahasan, yang berisikan kesimpulan dan saran yang dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk penanganan selanjutnya.

1.7. Kontribusi Penelitian

Adapun kontribusi dari skripsi ini adalah diharapkan hasil yang optimal sehingga dapat meminimasi dari daya pembangkitan maupun rugi-rugi saluran transmisi sehingga skripsi ini dapat memberi kontribusi kepada PLN untuk meminimasi biaya pembangkitan seminim mungkin sebagai perbaikan operasional pembagian beban yang ekonomis pada pembangkitan Jawa-Bali.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

BAB II

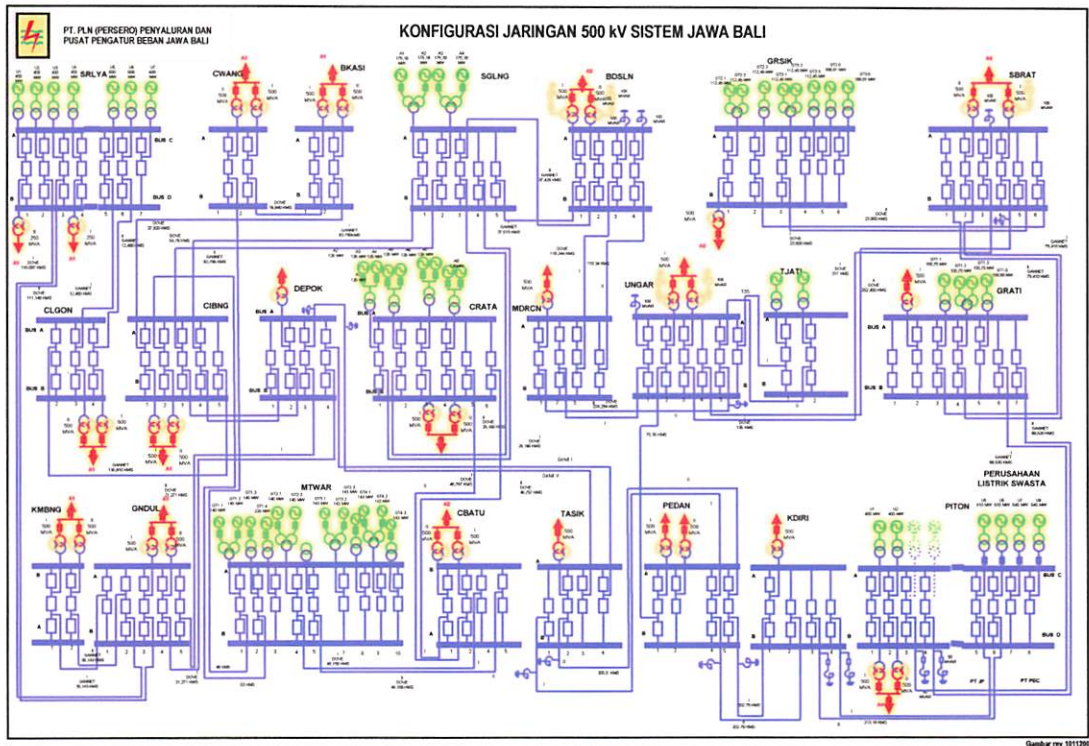
KAJIAN PUSTAKA

2.1. Sistem Tenaga Listrik^[1]

Menunjukkan suatu model konseptual dari sistem tenaga listrik. komponen-komponen utama adalah pembangkit (*power plant*), jaringan transmisi dan distribusi, dan pusat-pusat beban. jenis pembangkit yang menjadi perhatian disini adalah pusat-pusat pembangkit besar dimana bahan bakar fosil, tenaga air dikonversi menjadi energi listrik dengan bantuan unit turbin generator yang ukuran besar. Biasanya pembangkit-pembangkit jenis ini di tempatkan pada lokasi yang ditentukan oleh ketersediaan transportasi, bahan bakar, air pendingin, bendungan air, masalah lingkungan atau pertimbangan fisik lainnya. Ini mengartikan bahwa lokasi pembangkit-pembangkit berjauhan dengan pusat beban.

Beban-beban pada permasalahan ini adalah pusat-pusat distribusi tenaga listrik. Dimana tenaga listrik dapat dikirim kepada konsumen dengan jaringan yang bertegangan lebih rendah. Beban dapat berupa daerah perkotaan, pusat komersial atau kompleks industri. Disini, beban direpresentasikan sebagai pusat *supply* yang disebut gardu induk.

Jaringan transmisi mempunyai fungsi menginterkoneksi sistem supaya terjadi pertukaran energi. Distribusi membentuk suatu jaringan dimana tenaga listrik didistribusikan keberbagai beban dengan tegangan distribusi.



Gambar 2.1
Sistem Tenaga Listrik Jaringan Transmisi 500 kV^[5]
Pembangkitan Jawa-Bali

Karena daya yang dibangkitkan harus selalu sama dengan daya listrik yang di butuhkan oleh konsumen maka operasi sistem tenaga harus selalu diperhatikan dimana antara lain:

1. Perkiraan beban (*load forecast*).
2. Syarat-syarat pemeliharaan peralatan.
3. Keandalan yang diinginkan .
4. Alokasi beban dan produksi pembangkit yang ekonomis.

Keempat hal tersebut diatas sering kali harus dikaji terhadap beberapa kendala seperti :

- a. Aliran beban dalam jaringan.
- b. Daya hubung singkat peralatan.
- c. Penyediaan suku cadang dan dana.
- d. Stabilitas sistem tenaga listrik.

Dengan memperhatikan kendala kendala ini maka seringkali harus dilakukan pengaturan kembali terhadap rencana pemeliharaan dan alokasi beban. Makin besar suatu sistem tenaga listrik makin banyak unsur yang harus dikoordinasikan serta yang harus diamati. Sehingga diperlukan perencanaan, pelaksanaan, pengendalian serta analisa operasi sistem yang cermat.

2.2. Kurva Input Output Pembangkitan^[1]

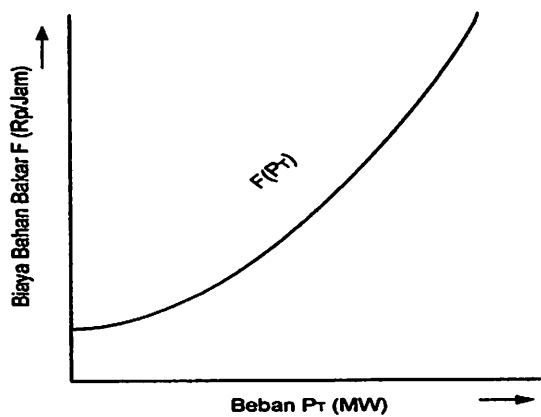
Dimana dalam kurva input output seperti pada gambar (2.2) dan (2.3) menggambarkan besarnya input yang arus diberikan pada unit pembangkit sebagai fungsi output generator. Kurva ini didapat melalui percobaan. Untuk unit pembangkit termis, inputnya adalah bahan bakar yang dinyatakan dalam rupiah per jam dengan output daya yang dibangkitkan dinyatakan dalam mega watt (MW).

Sedang pembangkit hidro, input adalah jumlah air yang masuk dinyatakan dalam $m^3/detik$, sedangkan outputnya adalah daya yang dibangkitkan dalam MW.

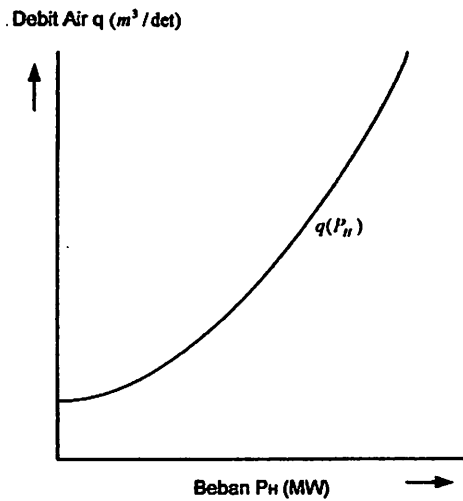
Didalam kurva input output ini juga dapat dinyatakan dengan fungsi polynomial. Bentuknya hampir *linear* sehingga apabila dinyatakan fungsi polynomial, suku dengan pangkat 2 ke atas adalah kecil. Kurva input output tidak memiliki titik nol karena adanya rugi-rugi pada beban (*output*) nol. Rugi-rugi beban nol disediakan adanya rugi-rugi geseran dan rugi-rugi besi pada generator dan transformator penaik tegangan (*step-up*).

Dengan menggunakan kurva input output, biaya bahan bakar setiap unit pembangkit termis dapat dinyatakan secara matematis, begitu pula untuk subsistem termis yang terdiri dari banyak unit pembangkit termis. Untuk sebuah unit pembangkit termis, biaya bahan bakarnya suatu saat dengan output (beban) sebesar P_T adalah $F(P_T)$.

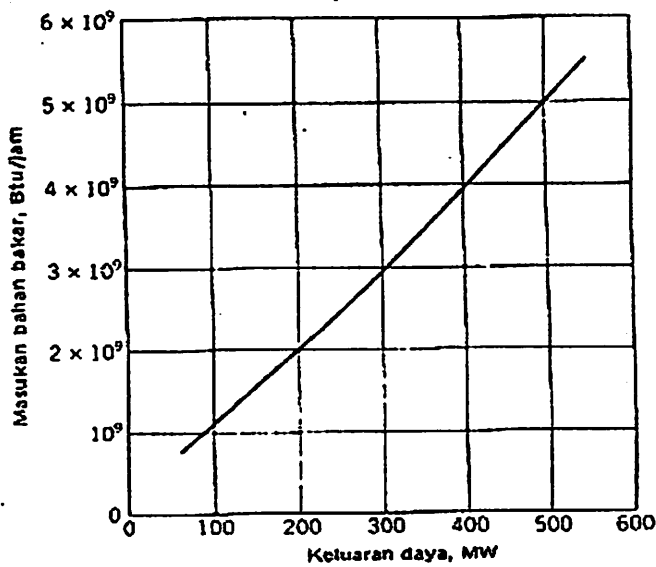
Jika subsistem unit terdiri dari sejumlah n unit pembangkit termis dan biaya bahan bakar unit pembangkit ke j adalah $F_j(P_{jT})$, Maka jumlah biaya bahan bakar pada saat t dari subsistem termis yang terdiri dari n unit adalah:



Gambar 2.2
Kurva Input Output dari Unit Pembangkit Theremis^[3]



Gambar 2.3
Kurva Input Output dari Unit Pembangkit Hidro^[3]



Gambar 2.4
Kurva Masukan Keluaran Untuk Unit Pembangkit Yang Menunjukkan Masukan Bahan Bakar Versus Keluaran Daya^[3]

Dimana suatu garis lurus ditarik melalui titik asal ke setiap titik pada kurva masukan keluaran itu, kebalikan kemiringan ini, kebalikan kemiringan (*slope*) dapat dinyatakan dalam megawatt dibagi dengan masukan dalam juta Btu per jam,

atau sebagian perbandingan keluaran energi dalam megawattjam terdapat masukan bahan bakar yang diukur dalam jutaan Btu. Perbandingan ini adalah daya guna bahan bakar. Daya guna maksimum terjadi pada suatu titik dimana kemiringan garis lurus dari titik asal ke suatu titik dimana kemiringan garis lurus dari titik asal ke suatu titik pada garis kurva ini minimum, yaitu pada titik dimana garis lurus tadi menyinggung kurva.

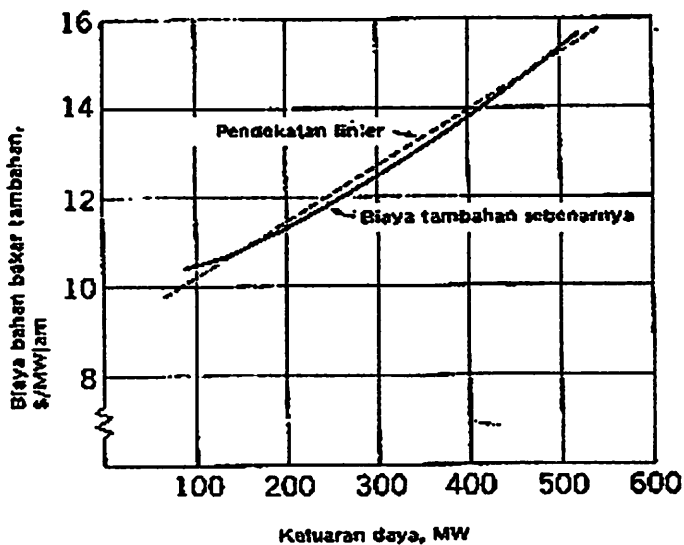
Sudah tentu kebutuhan bahan bakar suatu keluaran tertentu dapat dengan mudah diubah menjadi dolar per megawattjam. Seperti yang akan kita lihat patokan untuk distribusi beban antara setiap dua unit pada saat beban pada unit yang lain di turunkan dengan jumlah yang sama, mengakibatkan suatu kenaikan atau penurunan pada biaya total. Jadi kita berkepentingan dengan biaya tambahan (*incremental*), yang ditentukan oleh kemiringan kurva masukan dan keluaran dari kedua unit itu. Jika ordinat-ordinat lengkung masukan keluaran kita nyatakan dalam dolar perjam dan kita misalkan bahwa

F_n = Masukan ke unit n , dolar per jam

P_n = Keluaran unit n , MW

Biaya bahan bakar tambahan suatu unit untuk setiap keluaran daya yang ditetapkan adalah limit perbandingan kenaikan biaya masukan bahan bakar dalam dolar perjam terhadap kenaikan keluaran daya yang bersesuaian dalam megawatt pada saat kenaikan keluaran daya mendekati nol. Biaya bahan bakar tambahan yang mendekati kebenaran dapat diperoleh dengan menentukan biaya bahan bakar meningkat untuk suatu selang waktu tertentu dimana keluaran daya ditingkatkan sedikit. Misalnya, biaya tambahan pendekatan pada setiap keluaran tertentu adalah

biaya tambahan dalam dolar perjam yang menaikkan keluaran dengan 1 MW. Sebenarnya biaya tambahan ditentukan dengan mengukur kemiringan lengkungan masukan-keluaran dan mengalikannya dengan biaya per Btu dalam unit yang sesuai. Karena mill (seper sepuluh sen) per kilowattjam adalah sama dengan dolar per megawattjam, dan karena satu kilowatt adalah sejumlah daya yang sangat kecil dibandingkan dengan keluaran yang biasa didapat dari suatu unit dalam stasiun tenaga uap, biaya bahan bakar tambahan dapat dianggap sebagai biaya bahan bakar dalam mill per jam untuk mencatu satu kilowatt keluaran tambahan.



Gambar 2.5
Biaya Bahan Bakar Tambahan Versus Keluaran Daya Untuk Unit Kurva Masukan Keluarannya^[3]

Gambar (2.5) menunjukkan suatu pemetaan khas dari biaya bahan bakar tambahan versus keluaran daya. Gambar ini diperoleh dengan mengukur kemiringan kurva masukan-keluaran pada gambar (2.5) untuk bermacam-macam nilai keluaran dan dengan mengenakan biaya bahan bakar sebesar \$1,30 per juta

Btu. Tetapi biaya bahan bakar menurut Btu tidak terlalu dapat diperkirakan, dan diharapkan bahwa pembaca tidak menganggap bahwa angka-angka biaya dalam seluruh bab ini dapat diterapkan untuk setiap waktu. Gambar (2.4) menunjukkan bahwa biaya bahan bakar tambahan itu mempunyai hubungan yang cukup *linear* terhadap keluaran daya untuk suatu daerah cukup luas. Dalam melakukan analisis kurva ini biasanya dapat didekati dengan satu atau dua garis lurus. Garis terputus-putus dalam gambar itu merupakan suatu penyajian yang baik untuk kurva tersebut. Persamaan garis itu adalah :

$$\frac{dFn}{dPn} = 0,0126P + 8,9$$

Sehingga bila keluaran dayanya adalah 300 MW, biaya tambahannya yang ditentukan dengan pendekatan linear adalah \$12,68 per megawattjam. Nilai ini adalah pendekatan untuk biaya tambahan per jam untuk menaikkan keluaran dengan 1 dengan MW dan penghematan dalam biaya per jam dalam penurunan keluaran sebesar 1 MW. Biaya tambahan yang sebenarnya pada 300 MW adalah \$12,50 per megawattjam, tetapi keluaran daya ini berada dekat dengan titik dimana deviasi antar nilai sebenarnya dan nilai pendekatan linear dari biaya tambahan adalah maksimum. Untuk ketelitian yang lebih tinggi dapat ditarik dua garis lurus yang merupakan batas bawah dan batas atas dari lengkungan tersebut.

Sekarang kita sudah mempunyai latar belakang untuk memahami petunjuk prinsip-prinsip mendistribusikan beban di antara unit-unit di dalam sebuah stasiun. Misalkan bahwa keluaran total suatu stasiun dicatu oleh dua buah unit dan pembagian beban antara kedua unit adalah sedemikian sehingga biaya bahan bakar tambahan untuk salah satu unit lebih tinggi daripada yang lain. Dan

sekarang misalkan pula bahwa sebagian dari beban itu dipindahkan dari unit dengan biaya tambahan yang lebih tinggi ke unit dengan biaya tambahan yang lebih rendah. Pengurangan beban pada unit dengan biaya tambahan lebih tinggi yang menghasilkan suatu pengurangan biaya yang lebih besar daripada peningkatan biaya untuk menambahkan sejumlah beban yang sama pada unit dengan biaya tambahan yang lebih rendah. Pemindahan beban dari satu unit ke unit yang lain dapat diteruskan dengan suatu pengurangan dalam biaya bahan bakar total sehingga biaya-biaya bahan bakar tambahan dari kedua unit itu lebih dari dua unit. Jadi patokan untuk pembagian beban yang ekonomis antara unit-unit di dalam suatu stasiun adalah bahwa semua unit-unit itu harus bekerja dengan biaya bahan bakar tambahan yang sama. Jika keluaran stasiun akan dinaikkan, biaya tambahan dengan mana masing-masing unit bekerja juga akan naik, tetapi harus tetap sama untuk semuanya.

Patokan yang telah kita kembangkan dengan intuisi itu, dapat pula diperoleh secara matematis. Untuk suatu stasiun dengan k unit, misalkan

$$F_T = F_1 + F_2 + \dots + F_K = \sum_{n=1}^K F_n \dots\dots\dots (2.1)$$

$$P_R = P_1 + P_2 + \dots + P_K = \sum_{n=1}^K P_n \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana F_T adalah biaya bahan bakar total dan P_R adalah daya total yang diterima oleh rel stasiun dan dipindahkan ke sistem tenaga. Biaya bahan bakar dari masing-masing unit adalah F_1, F_2, \dots, F_K dengan keluaran-keluarannya yang bersesuaian P_1, P_2, \dots, P_K . Tujuan kita adalah untuk mendapatkan F_T yang minimum untuk suatu P_F tertentu, yang menghendaki bahwa diferensial total dF_T

= 0. Karena biaya bahan bakar total tergantung pada keluaran daya dari masing-masing unit.

$$dF_T = \frac{\partial F_T}{\partial P_1} dP_1 + \frac{\partial F_T}{\partial P_2} dP_2 + \dots + \frac{\partial F_T}{\partial P_K} dP_K = 0 \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan biaya bahan bakar total F_T tergantung pada bermacam-macam keluaran unit, permintaan akan P_R yang konstan berarti bahwa persamaan (2.2) merupakan suatu tambahan (*constraint*) pada nilai minimum F_T . Pembatasan bahwa P_R harus tetap konstan memerlukan bahwa $dP_R = 0$, Jadi

$$dP_1 + dP_2 + \dots + dP_K = 0 \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan mengalikan persamaan (2.4) dengan λ dan mengurangkan persamaan hasilnya dari persamaan (2.4), serta mengumpulkan suku-sukunya, diperoleh

$$\left(\frac{\partial F_T}{\partial P_1} - \lambda \right) dP_1 + \left(\frac{\partial F_T}{\partial P_2} - \lambda \right) dP_2 + \dots + \left(\frac{\partial F_T}{\partial P_K} - \lambda \right) dP_K = 0 \dots\dots\dots (2.5)$$

Persamaan ini dipenuhi jika masing-masing sukunya sama dengan nol. Masing-masing turunan parsial menjadi turunan penuh karena hanya biaya bahan bakar dari setiap unit saja yang akan berubah jika hanya keluaran daya unit itu saja yang dirubah. Misalnya $\partial F_T / \partial P_K$ menjadi dF_K / dP_K . Persamaan (2.5) dipenuhi jika :

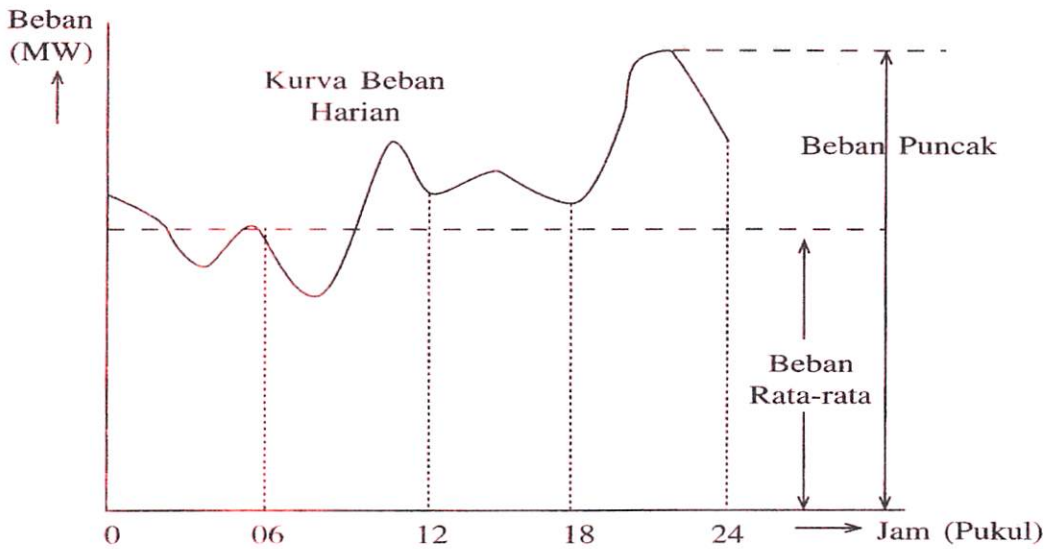
$$\frac{dF_1}{dP_1} = \lambda, \frac{dF_2}{dP_2} = \lambda \dots\dots, \frac{dF_K}{dP_K} = \lambda \dots\dots\dots (2.6)$$

Dan karena itu semua unit harus bekerja pada biaya bahan bakar tambahan λ yang sama untuk biaya dalam dolar per jam yang minimum. Jadi patokan yang sama yang telah kita peroleh secara intuisi itu telah kita buktikan pula secara

matematis. Prosedur ini dikenal sebagai metoda pengali Lagrange (*Lagrangian multipliers*). Kita akan memerlukan metode matematis ini bila kita membahas pengaruh kehilangan daya transmisi pada distribusi beban antara beberapa stasiun untuk mendapatkan biaya bahan bakar minimum untuk suatu pembebanan tertentu pada suatu sistem tenaga.

Bila biaya bahan bakar tambahan untuk masing-masing unit dalam suatu stasiun hampir *linear* terhadap keluaran daya pada suatu daerah operasi yang sedang ditinjau, *linear* dari keluaran daya akan banyak menyederhanakan perhitungan-perhitungan kita. Suatu jadwal untuk menetapkan beban-beban pada setiap unit dalam suatu stasiun dapat disiapkan dengan memisalkan berbagai nilai untuk λ , mendapatkan keluaran yang bersesuaian dari masing-masing unit, dan menambahkan keluaran untuk mendapatkan beban stasiun untuk masing-masing nilai λ yang kita misalkan tersebut. Suatu kurva λ versus beban stasiun menentukan nilai λ dimana setiap unit harus bekerja untuk suatu beban stasiun total yang telah diberikan. Jika beban maksimum dan minimum telah ditetapkan untuk setiap unit maka beberapa unit tidak akan mampu bekerja pada biaya bahan bakar tambahan yang sama seperti pada unit-unit yang lain dan masih tetap dalam batas yang telah ditentukan untuk beban ringan dan berat.

2.3. Economic Dispatch Pembangkit Listrik^[2]

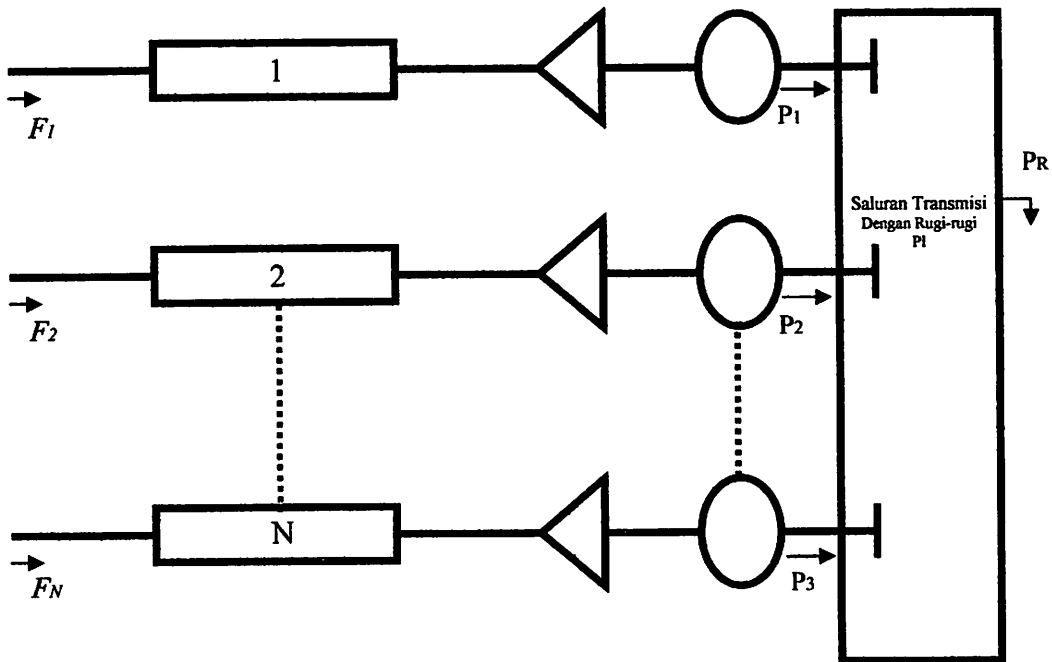


Gambar 2.6
Perubahan Beban Setiap Waktu^[1]

Seperti yang diketahui bahwa beban sistem selalu berfluktuasi setiap waktu. Perubahan beban itu harus diikuti oleh unit-unit pembangkit tenaga listrik, sehingga perlu difikirkan bagaimana membagi beban secara ekonomis diantara unit-unit pembangkit tenaga listrik yang beroperasi. *Economic dispatch* unit pembangkit listrik adalah pembagian atau penjatahan beban sistem pada unit-unit pembangkit listrik yang beroperasi secara optimal sehingga mendapatkan biaya operasi pembangkit yang minimum. Untuk menghitung *economic dispatch* salah satunya dapat dilakukan dengan metode pengali lagrange.

Sistem dengan memperhitungkan rugi-rugi transmisi dapat dilihat pada gambar (2.7). Sistem ini terdiri dari N buah unit pembangkit thermal dihubungkan melalui saluran transmisi yang melayani beban P_R input dari masing-masing unit

ditunjukkan oleh F_i yang mewakili biaya dari 1 unit pembangkit dan output dari masing-masing unit P_i adalah daya yang dihasilkan oleh satu unit pembangkit.



Gambar 2.7
 N Buah Pembangkit yang Melayani Beban P_R Melalui Saluran Transmisi^[2]

Seperti gambar diatas suatu sistem tenaga menjadi rumit jika sistem tersebut terjadi atas sejumlah pembangkit dengan berbagai jenis yang terinterkoneksi oleh suatu jaringan transmisi dan jaringan distribusi untuk mensuplai berbagai jenis beban yang berbeda dari berbagai konsumen. Namun demikian, tenaga listrik yang di *supply* ke terminal-terminal konsumen,

Haruslah :

1. Kemungkinan harga minimum.
2. Kemungkinan keandalan maksimum (seperti ketersediaan *supply* maksimum yang dicapai dengan memungkinkan keamanan *supply maximum*).

3. Kualitas yang cocok seperti tegangan seharusnya berada diantara batas tertentu.
4. Untuk mencapai biaya minimum yang di perlukan optimasi pembagian beban yang ekonomis dari pengurangan pembangkitan.

2.4. Komponen Sistem Tenaga Listrik^[1]

2.4.1. Macam-Macam Unit Pembangkit Thermal

1. PLTU
2. PLTGU
3. PLTG

2.4.2. Transmisi

2.4.2.1. Daya Pada Rangkaian Tiga Fasa Yang Seimbang^[3]

Total daya yang di berikan oleh sebuah generator tiga fasa atau yang diserap suatu beban tiga fasa dapat diperoleh dengan mudah dengan menjumlahkan daya pada ketiga fasanya. pada suatu rangkaian yang seimbang, 3 kali fasa saluran ke netral, karena ketiga fasa adalah sama.

➤ Daya Dalam Sistem Tenaga Listrik^[8]

Dalam sistem tenaga listrik, pembangkit–pembangkit tenaga listrik harus mampu menyediakan tenaga listrik sesuai dengan permintaan beban listrik yang ada. Hal yang harus diperhatikan adalah kondisi sistem yang tetap konstan, dalam hal ini tegangan dan frekwensi harus tetap konstan karena berhubungan dengan daya. Daya listrik yanga dibangkitkan dikenal dengan istilah:

- **Daya aktif (*Active Power*)**

Secara umum daya aktif dinyatakan oleh persamaan :

$$P = [V] [I] \cos \varphi \dots\dots\dots (2.7)$$

dimana :

V dan I nilai efektifnya.

P adalah daya rata-rata yang disebut juga daya aktif.

▪ **Daya Reaktif (*Reactive Power*)**

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

Persamaan daya reaktif adalah :

$$Q = [V] [I] \sin \varphi \dots\dots\dots (2.8)$$

Dua macam daya reaktif yaitu: daya reaktif induktif dan daya reaktif kapasitif, dimana keduanya memiliki tanda yang berlawanan. Daya reaktif kapasitif adalah daya yang dibutuhkan oleh kapasitor yang tidak menghasilkan kerja, tetapi tersimpan dalam bentuk energi magnetis atau energi kapasitif.

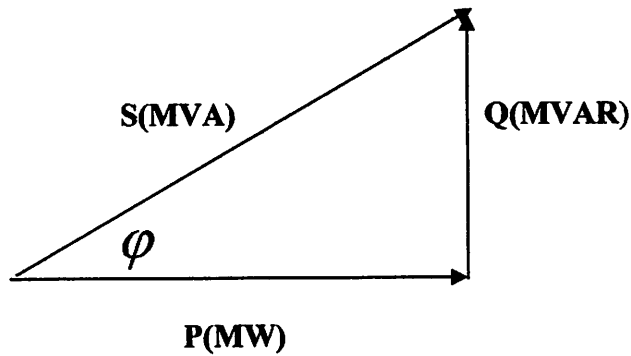
Daya reaktif induktif adalah daya listrik yang dibutuhkan untuk menghasilkan medan magnet yang dibutuhkan oleh alat-alat seperti motor induksi, transformator dan sebagainya.

▪ **Daya Semu (*Apparent Power*)**

Daya semu merupakan penjumlahan secara vektoris antara daya aktif dan daya reaktif.

Selain diatas dikenal juga istilah faktor daya (*power factor*) adalah perbandingan antara daya aktif dan daya semu, sehingga dapat dirumuskan pada persamaan berikut:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{MW}{MVA} \dots\dots\dots (2.9)$$



Gambar 2.8. Representasi Segitiga Daya

Dimana :

 Cos φ = Faktor daya

 MW = Daya aktif (P)

 MVA = Daya semu (S)

 MVAR = Daya reaktif (Q)

Jika besarnya tegangan kenetral V_p untuk suatu eban yang terhubung –Y adalah

$$V_p = |V_{an}| = |V_{bn}| = |V_{cn}| \dots\dots\dots (2.10)$$

Dan jika besarnya arus fasa I_p untuk suatu beban yang terhubung –Y adalah

$$I_p = |I_{an}| = |I_{bn}| = |I_{cn}| \dots\dots\dots (2.11)$$

Maka daya tiga fasa total

$$P = 3 V_p I_p \cos \theta_p \dots\dots\dots (2.12)$$

$$V_p = \frac{V_L}{\sqrt{3}}, \text{ dan } I_p = I_L \dots\dots\dots (2.13)$$

Jika kita substitusikan dengan persamaan (3) didapat

$$P = \sqrt{3}V_L I_L \cos \theta_p \dots\dots\dots (2.14)$$

Total vars adalah

$$Q = 3V_p I_p \sin \theta_p \dots\dots\dots (2.15)$$

$$Q = \sqrt{3}V_L I_L \sin \theta_p \dots\dots\dots (2.16)$$

Dan volt amper dari beban adalah

$$|S| = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{3}V_L I_L \dots\dots\dots (2.17)$$

Persamaan-persamaan (2.14), (2.16), (2.17) adalah persamaan yang biasa dipakai untuk menghitung P,Q, dan $|S|$ pada jaringan tiga fasa yang seimbang, karena kuantitas yang biasanya diketahui tegangan antar saluran, arus kawat, dan factor daya atau $\cos \theta_p$. Jika kita berbicara tentang system tiga fasa, maka yang dimaksud adalah kondisi seimbang kecuali dinyatakan sebaliknya; dan istilah tegangan, arus, dan daya berturut turut berarti tegangan antar saluran, arus saluran dan daya total untuk keseluruhan tiga fasa, Jika tidak ada perincian sebaliknya.

Jika bebannya dihubungkan secara Δ , tegangan pada masing masing impedansi adalah tegangan antar saluran, dan arus yang mengalir lewat masing masing impedans sama dengan besarnya arus saluran dibagi $\sqrt{3}$, Atau

$$V_p = V_L \text{ dan } I_p = \frac{I_L}{\sqrt{3}} \dots\dots\dots (2.18)$$

Daya tiga fasa total adalah

$$P = 3V_p I_p \cos \theta_p \dots\dots\dots (2.19)$$

Dan dengan mensubsitusikan nilai V_p dan I_p dari persamaan (2.18) ke dalam persamaan (2.18) didapat

$$P = \sqrt{3}V_L I_L \cos \theta_p \dots\dots\dots (2.20)$$

2.4.2.2. Besarnya Persatuan Atau Per Unit^[3]

Besaran besaran terdiri dari arus, tegangan, daya dan impedansi dimana berturut turut dinyatakan dalam amper, volt, dan ohm. Akan tetapi besaran besaran tersebut dapat juga dinyatakan dalam per unit atau persen.

Misal tegangan 108kV, 120kV, dan 126kV bila dinyatakan dalam perunit pada dasar 120kV menjadi 0,9; 1,0; Dan 1,05 atau 90%, 100%, 105%.

$$\text{Jadi besaran (pu)} = \frac{\text{Nilai sebenarnya}}{\text{Nilai dasar}} \dots\dots\dots (2.21)$$

Besaran dasar yang pertama dipilih daya dasar dan tegangan dasar. Karena besaran listrik saling berkaitan, maka bila dua besaran dasar ditentukan besaran yang lain dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

- Sistem 1 fasa

$$\text{Arus dasar (A)} = \frac{\text{dasar (kVA, } 1\phi\text{k)}}{\text{dasar tegangan, (kV}_{L-N}\text{)}} \dots\dots\dots (2.22)$$

$$\text{Impedansi dasar } (\Omega) = \frac{(\text{Impedansi sebenarnya, } \Omega)^2}{\text{Dasar (MVA } 1\phi\text{)}} \dots\dots\dots (2.23)$$

$$\text{Impedansi per (unit)} = \frac{\text{Impedansi sebenarnya, } \Omega}{\text{Impedansi dasar, } \Omega} \dots\dots\dots (2.24)$$

- Sistem tiga fasa

$$\text{Arus dasar (A)} = \frac{\text{dasar kVA, } 3\phi}{\sqrt{3} \times \text{Tegangan dasar kV}_{L-L}} \dots\dots\dots (2.25)$$

$$\text{Impedansi dasar, } \Omega = \frac{(\text{Tegangan dasar kV}_{L-L})^2}{\text{dasar (MVA } 3\phi\text{M)}} \dots\dots\dots (2.26)$$

2.4.2.3 . Impedansi Seri Saluran^[3]

Didalam saluran transmisi terdapat 4 parameter yang mempengaruhi kemampuannya untuk berfungsi sebagai bagian dari suatu system tenaga, yaitu : Resistansi, Induktansi, Kapasitansi, Dan konduktansi.

2.4.2.3.1. Jenis-Jenis Penghantar^[5]

Pada jaringan transmisi 500 kV pada pembangkitan Jawa-Bali mempunyai 2 jenis penghantar dimana dalam tabel (2.1) yaitu :

1. Dove
2. Gannet

Tabel 2.1
Jenis-Jenis Penghantar Jaringan Transmisi 500 kV Jawa Bali

Over Head Lined												
Voltage (kV)	Conduktors Perfasa (mm ²)	Code Name	Z ₁ (Ω /kM)		B ₁ (μ s/km)	Amps	Termal Capacity MVA	L (Henry)	C (ρ f/km)	Surge Impedance Z ₀ (ohm)	SIL (MW)	Charge MVA Per km
			R	JX _L								
500	4 . 337	Gannet	0,024	0,274	4 . 0.43	2.551	2.209	4,363	6,438	260	961	1 ,0109
500	4 . 282	Dove	0,0277	0,275	4 . 0.45	2.292	1.985	4,379	6,441	261	958	1 ,0115

2.4.2.4. Saluran Transmisi^[3]

Dimana :

z = Impedansi seri per satuan panjang per fasa

y = Admitansi parallel persatuan panjang per fasa ke netral

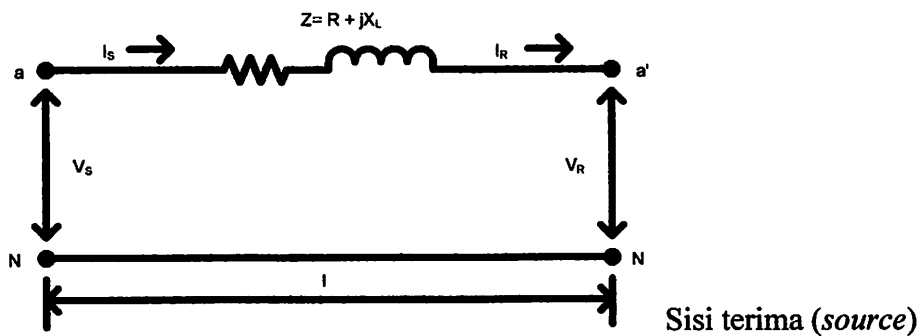
l = Panjang Saluran

$Z = zl$ = Impedansi seri total per fasa

$Y = yl$ = Admitansi parallel total per fasa ke netral

2.4.2.4.1. Saluran Transmisi Pendek (Dengan Panjang Saluran < 80 km)

Sisi kirim (*source*)



Gambar 2.9

Saluran Transmisi Pendek

Dimana

$Z = R + jX_L \Omega$

Z = Impedansi seri total per fasa Ω

z = Impedansi seri satu konduktor ... Ω /per unit panjang

X_L = Reaktansi Induktif Total Satu konduktor ... Ω per unit panjang

l = Panjang saluran

R = R total

$$I_S = I_R + I \quad \dots\dots\dots (2.27)$$

$$V_S = V_R + I_R Z \quad \dots\dots\dots (2.28)$$

Dimana :

V_S = Tegangan fasa (saluran ke netral) sisi kirim

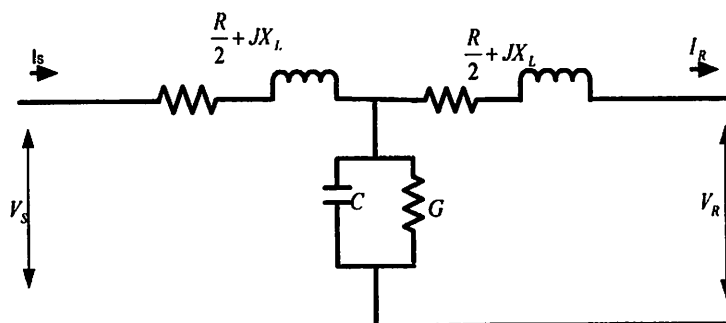
V_R = Tegangan fasa (Saluran ke netral) sisi terima

I_S = Arus fasa sisi kirim

I_R = Arus fasa sisi terima

Z = Impedansi seri total perfasa

2.4.2.4.2. Saluran Transmisi Menengah (Dengan Panjang Saluran <240 km)



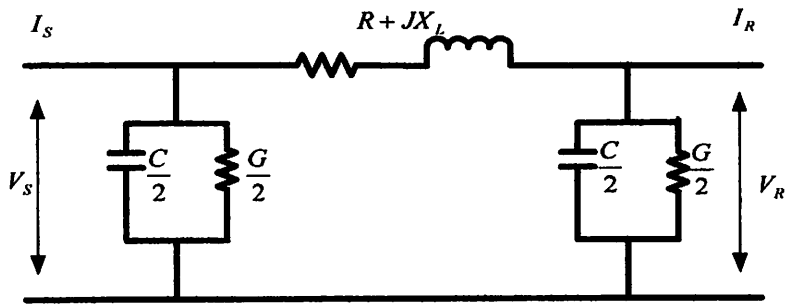
Gambar 2.10
Rangkaian Saluran Nominal T

Dalam gambar $Z = zl$

Untuk rangkaian T. yang digunakan Gambar diatas

$$V_S = I_S \times \frac{1}{2} Z + I_R \times \frac{1}{2} Z + V_R \quad \dots\dots\dots (2.29)$$

$$I_S = I_R + (V_R + I_R \times \frac{1}{2} Z) Y \quad \dots\dots\dots (2.30)$$



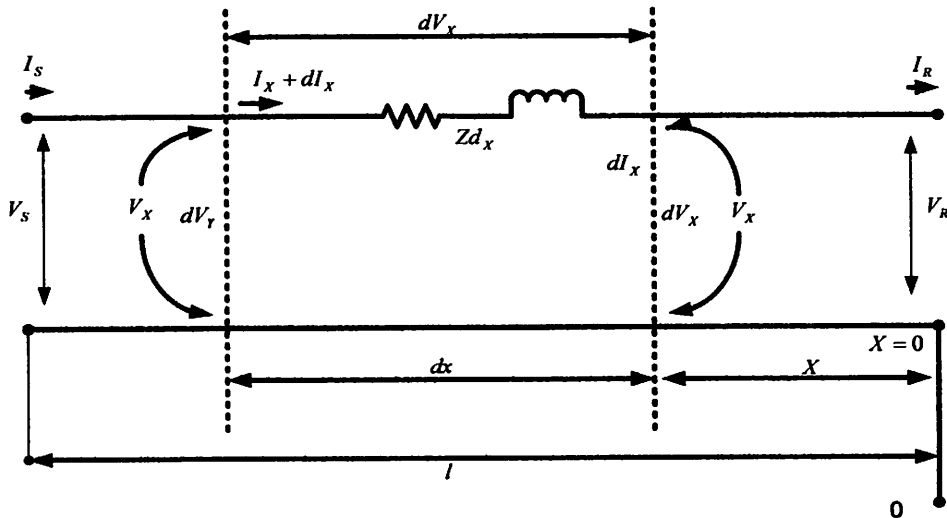
Gambar 2.11
Rangkaian Saluran Nominal Π

Dari gambar diatas rangkaian Π nominal

$$V_S = (V_R x \frac{1}{2} Y + I_R) Z + V_R \dots\dots\dots (2.31)$$

$$I_S = \left[(1 + \frac{1}{2} YZ) V_R + Z I_R \right] \frac{1}{2} Y + \frac{1}{2} Y x V_R + I_R \dots\dots\dots (2.32)$$

2.4.2.4.3. Saluran Transmisi Saluran Panjang (Dengan Panjang Saluran \geq 240 km)



Gambar 2.12
Rangkaian Saluran Panjang

Dari rangkaian tersebut diatas:

X = Jarak saluran

dx = Unsur panjang

Zdx = Impedansi Seri

ydx = Admitansi Seri

Z = Impedansi

y = Admitansi

Dimana :

Z = Impedansi Seri saluran total perfasa

$$= zl = (r + jX_L) l \quad \Omega$$

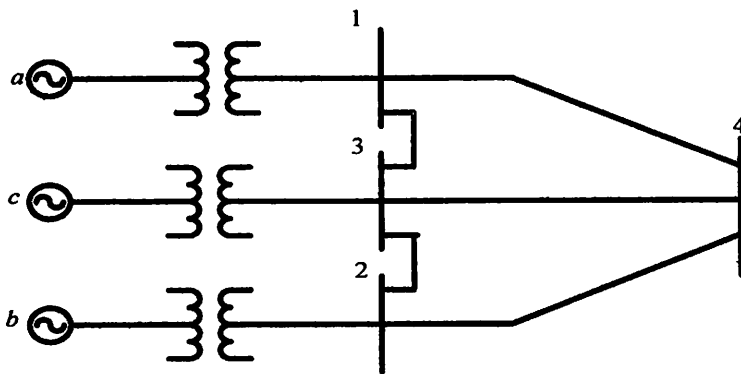
Y = Admitansi Shunt saluran total perfasa

$$Y = yl = (g + jB) l \text{ S}$$

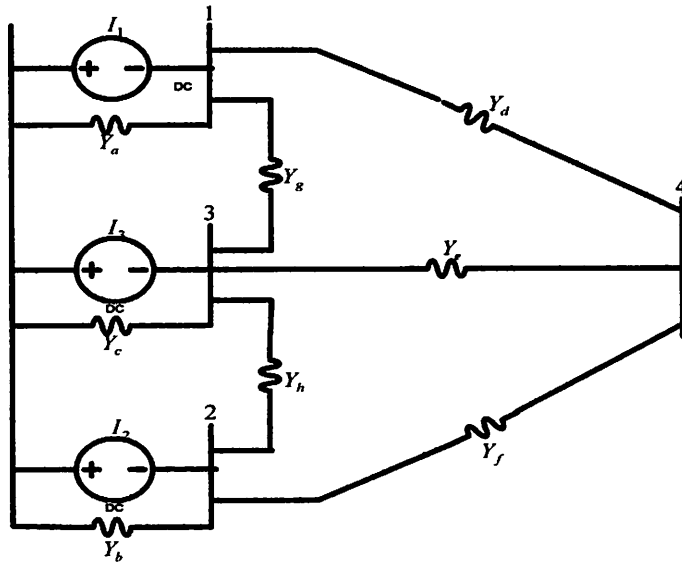
$$V_R = (\cosh \gamma l)V_S - (Z_C \sinh \gamma l)I_S \dots\dots\dots (2.33)$$

$$I_R = -(Y_C \sinh \gamma l)V_S + (\cosh \gamma l)I_S \dots\dots\dots (2.34)$$

2.4.2.5. Perhitungan Jala-Jala Menggunakan Aliran DC^[3]



Gambar 2.13
Segaris Sistem Sederhana



Gambar 2.14
Diagram Admitansi

Dari gambar 2.18 ditulis persamaan hukum Kirchoff untuk arus pada setiap simpul 1 : $I_1 = V_1 Y_a + (V_1 - V_3)Y_f + (V_1 - V_4)Y_d$ (2.35)

simpul 4 : $0 = (V_4 - V_1)Y_d + (V_4 - V_2)Y_h + (V_4 - V_3)Y_e$ (2.36)

Dengan mengatur kembali persamaan, diperoleh :

$$I_1 = V_1(Y_a + Y_f + Y_d) - V_3Y_f - V_4Y_d$$
 (2.37)

$$0 = -V_1Y_d - V_2Y_h - V_3Y_e - V_4(Y_d - Y_e - Y_h)$$
 (2.38)

Bentuk Standart untuk Keempat persamaan yang terdiri debas dalam bentuk matrik adalah :

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} & Y_{14} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} & Y_{24} \\ Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} & Y_{34} \\ Y_{41} & Y_{42} & Y_{43} & Y_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \end{bmatrix}$$
 (2.39)

Dimana :

$Y_{11}, Y_{22}, Y_{33}, Y_{44}$ = Admitansi sendiri (*self Admittance*)

$Y_{12}, Y_{13}, Y_{14}, Y_{21}, dst$ = Admitansi bersama (*Mutual Admittance*)

$Y_{13} = -Y_f$

Rumus ini untuk arus yang mengalir menuju rel k suatu rel k suatu jala-jala yang terdiri dari N buah bus yaitu N buah rel selain netral adalah :

$$I_K = \sum_{n=1}^N Y_{kn} V_n \dots\dots\dots (2.40)$$

2.5 Pembebanan Ekonomis (*Economic dispatch*)^[7]

Pembebanan ekonomis (*economic dispatch*) adalah pembagian pembebanan pada pembangkit-pembangkit yang ada dalam sistem secara ekonomis pada nilai beban tertentu, dengan kata lain yaitu pengoperasian ekonomis system tenaga listrik dengan permodelan efisiensi pemangkit. Rumus pendekatannya adalah :

$$HR(P_G) = a + bP_G + cP_G^2 \dots\dots\dots (2.41)$$

Dimana :

P_G : Daya keluaran generator (MW)

a, b, c : Konstanta

Dalam pengoperasian pembangkit secara ekonomis adalah penting untuk mengetahui biaya bahan bakar yang digunakan untuk membangkitkan daya yang diperlukan yang tergantung pada jenis bahan bakar, nilai kalori, dan harga bahan bakar.

BAB III

METODE LINEAR PROGRAMMING PADA

UNIT PEMBANGKIT THERMAL SISTEM

JARINGAN TRANSMISI 500 KV

PEMBANGKITAN JAWA-BALI

BAB III

METODE *LINEAR PROGRAMMING* UNIT PEMBANGKIT THERMAL PADA SISTEM JARINGAN TRANSMISI 500 kV PEMBANGKITAN JAWA-BALI

3.1. Sistem Tenaga Listrik Pada Sistem 500 kV Jawa Bali^[5]

Untuk menyelesaikan masalah problem *economic dispatch* pembangkit thermal ini terlebih dahulu harus ditetapkan diagram segaris (*single line*) yang akan dianalisa. Analisa ini adalah sistem tenaga listrik Jawa-Bali memakai Saluran Udara Tegangan Extra Tinggi (SUTET) 500 kV. Data jaringan tenaga listrik pada interkoneksi Jawa-Bali yang digunakan adalah data pada tanggal 11 Desember 2006 jam 19.00 WIB. Sistem kelistrikan ini, terdapat 6 pusat pembangkit yang terdiri 39 pembangkit, 23 bus, 27 saluran Dan 17 pembebanan yang semuanya terinterkoneksi melalui saluran transmisi 500 kV.

Base yang dipakai pada perhitungan adalah :

- *Base* Tegangan : 500 kV
- *Base* Daya : 100 MVA

Selanjutnya bus bus yang ada diklasifikasikan sebagai berikut :

- *Bus Slack* : Bus Suralaya
- *Bus Generator* : Bus Muara tawar, bus Grati, bus Gresik, bus Tanjung Jati dan bus Paiton.
- *Bus Beban* : Bus Cawang, bus Cirata, bus Saguling, bus Bekasi, bus Bandung, bus Krian, bus Cilegon, bus Cibinong, bus Depok, bus Mandiracan, bus Ungaran, bus Kembangan,

3.2. Formulasi Permasalahan^[6]

Pembangkit yang beroperasi secara paralel dan terinterkoneksi melalui sistem jaringan transmisi, penyertaan analisa aliran daya akan ditimbang melalui *study* keekonomian. Jika *incremental* biaya pembangkit adalah konstan, biaya pembangkitan sistem akan merupakan fungsi linier dari daya aktif individu pembangkit dan sangat mungkin mengekspresikan problem pembangkitan ekonomis sebagai suatu problem *linear*. Kendala-kendala akan berupa kapasitas total yang di butuhkan, karakteristik pengoperasian pembangkit (generator), linieritas model dc, batas daya yang mengalir pada jaringan.

Cara membentuk suatu *linier programming* untuk menyelesaikan problem pembangkit adalah

- *Objective function* (membentuk suatu fungsi tujuan)
- Kendala-kendala persamaan
- Pertidaksamaan sistem tenaga yang merefleksikan persyaratan pengoperasian sistem.

3.3. Objective Function^[6]

Dalam suatu sistem tenaga dengan sejumlah n pembangkit (generator), biaya total pembangkitan diberikan oleh :

$$F = \sum_{j=1}^n c_j P_{gj} \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana :

c_j = *Incremental* biaya pembangkit,

P_{gj} = Output daya aktif pembangkit,

n = Jumlah unit pembangkit,

Diasumsikan bahwa biaya pembangkitan merupakan fungsi output daya aktif yang dibangkitkan (P_{gj}). Dan meminimasi fungsi $F = \sum_{j=1}^n c_j P_{gj}$ secara simultan untuk memenuhi suatu kumpulan kendala-kendala pengoperasian.

3.4. Kendala Kendala Pengoperasian^[6]

Jumlah pembatasan pengoperasian ditimbang sehingga mendapatkan kumpulan variable daya aktif (P_{gj}) yang akan meminimasi fungsi $F = \sum_{j=1}^n c_j P_{gj}$

3.4.1. Kendala Keseimbangan Daya

Dalam kondisi keadaan mantap (*steady state*), terdapat suatu keseimbangan daya aktif yaitu :

$$\sum_{j=1}^n P_{gj} - \sum_{i=1}^m P_{di} = 0, \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana :

P_{di} = Kebutuhan beban pada rel,

m = Jumlah rel.

Dianggap *incremental* biaya pembangkit positif, $\sum_{j=1}^n P_{gj} - \sum_{i=1}^m P_{di} = 0$ dapat

diganti dengan suatu pertidaksamaan berikut :

$$\sum_{j=1}^n P_{gj} - \sum_{i=1}^m P_{di} \geq 0, \dots\dots\dots (3.3)$$

Atau,

$$\sum_{j=1}^n P_{gj} \geq \sum_{i=1}^m P_{di}, \dots\dots\dots (3.4)$$

Tanpa mempengaruhi solusi optimum.

3.4.2. Kendala Pembangkit

Minimasi biaya dilaksanakan melalui penyesuaian dalam nilai variable *control*. Penyesuaian ini dalam batas yang dispesifikasikan pada pertimbangan *engineering* dari individu pembangkit. Karena itu pembangkitan daya aktif dari masing-masing unit dibatasi batas bawah dan batas atas dari kemampuan operasional atau dapat ditulis sebagai berikut :

$$P_{gj}^{\min} \leq P_{gj} \leq P_{gj}^{\max}, \dots\dots\dots (3.5)$$

$P_{gj}^{\min}, P_{gj}^{\max}$ = Masing-masing menyatakan batas pembangkitan bawah dan atas. Batas atas P_{gj}^{\max} , thermal stator dari pembangkit batas bawah P_{gj}^{\min} , disebabkan oleh termal boiler yang memproduksi uap untuk menggerakkan turbin pada pembangkit fosil, dan lain-lain.

3.4.3. Kendala Keselamatan

Untuk setiap saluran transmisi, terdapat suatu batas atas dari daya yang dapat di salurkan dengan baik. Batas ini di tentukan oleh kapasitas thermal saluran atau transformator yang terhubung atau mungkin di tentukan oleh karena pertimbangan keselamatan. karena itu, batas pembebanan saluran transmisi mengambil bentuk kendala-kendala pada daya yang mengalir pada cabang

cabang. Dengan mendefinisikan aliran saluran sebagai positif pada suatu arah tertentu, maka ekspresi kendala dapat ditulis sebagai berikut :

$$p^{\min} \leq p \leq p^{\max}, \dots\dots\dots (3.6)$$

Dimana :

p^{\max}, p^{\min} = Masing-masing menyatakan batas pembebanan atas dan bawah saluran,

p = Aliran daya aktif pada saluran.

Dengan menggunakan aproksimasi aliran beban dc dan dengan melakukan beberapa manipulasi aljabar, atas keselamatan saluran pada $p^{\min} \leq p \leq p^{\max}$ dapat di tulis pertidaksamaan *linear* dari variable P_g :

$$P^{\min} \leq E(D^T P_g - P_d) < P^{\max} \dots\dots\dots (3.7)$$

Atau:

$$P^{\min} + EP_d \leq ED^T P_g \leq P^{\max} + EP_d \dots\dots\dots (3.8)$$

$$E = BV_p' Z'$$

B = matriks diagonal $l \times l$ dari suseptansi saluran,

L = jumlah saluran,

V_p' = matriks koneksi $l \times m$ dari komponen tegangan fasa rel.

Dimana :

Z' = inversi matriks admitansi simpul Y,

D = matriks koneksi generator $n \times m$.

Penyederhanaan selanjutnya dilakukan dengan mentransformasikan

$$\text{variable control } P_{gj} \text{ ke } p'_{gj} \text{ dimana : } P'_{gj} = P_{gj} - P_{gj}^{\min} \dots\dots\dots (3.9)$$

$$0 \leq P'_{gj} \leq P_{gj}^{ul} \dots\dots\dots (3.10)$$

Dimana :

$$P_{gj}^{ul} = P_{gj}^{\max} - P_{gj}^{\min}$$

Kebutuhan beban pada rel dapat di tulis sebagai berikut :

$$P'_{di} = P_{di} - \sum_{j \in UP(i)} P_{gj}^{\min} \dots\dots\dots (3.11)$$

Untuk $i = 1, 2, \dots, m$, dan:

$UP(i)$ = Kumpulan indeks dari pembangkit pembangkit yang terhubung ke rel i .

fungsi tujuan (*objective function*) sekarang dapat didefinisikan ulang sebagai berikut:

$$F' = F - \sum_{j=1}^n c_j P_{gj}^{\min} \dots\dots\dots (3.12)$$

Atau :

$$F' = \sum_{j=1}^n c_j P'_{gj} \dots\dots\dots (3.13)$$

Dengan demikian, model *linier programming* dapat diekspresikan sebagai berikut :

Minimasi :

$$F' = \sum_{j=1}^n c_j P'_{gj} \dots\dots\dots (3.14)$$

Dengan memenuhi kendala-kendala :

Dimana :

$$\sum_{j=1}^n P'_{gj} \geq \sum_{i=1}^m P'_{di}, \dots\dots\dots (3.15)$$

$$P'_g \leq P_g^{ul} \dots\dots\dots (3.16)$$

$$P^{\min} + EP'_d \leq ED^T P'_g \leq P^{\max} + EP'_d \dots\dots\dots (3.17)$$

Formulasi diatas dapat di selesaikan menggunakan *linear programming* standart seperti metode simplex untuk menyelesaikan apakah secara model *linear programming primal* atau *dual*.

Dengan mengatur kembali persamaan (3.15)-(3.17), model *linier programming primal* dapat di ekspresikan sebagai berikut :

Tentukan nilai non negatif dari $P'_{gj} \geq 0$ yang meminimasi fungsi tujuan :

$$F' = \sum_{j=1}^n c_j P'_{gj} \dots\dots\dots (3.18)$$

Dan memenuhi kendala – kendala :

$$\sum_{j=1}^n P'_{gj} \geq \sum_{i=1}^m P'_{di}, \dots\dots\dots (3.19)$$

$$-P'_g \geq -P_g^{ul} \dots\dots\dots (3.20)$$

$$-ED^T P'_g \geq P^{\max} + EP'_d \dots\dots\dots (3.21)$$

$$-ED^T P'_g \geq P^{\min} + E'_d \dots\dots\dots (3.22)$$

Kelihatan bahwa terdapat sejumlah $2l + n + 1$ kendala-kendala yang harus di penuhi. Dengan nilai optimum P'_{gj} yang di peroleh, pembangkitan output daya

generator (P'_{gj}), biaya total (F) dan aliran daya optimum pada saluran (P) dapat di peroleh dengan menggunakan ekspresi berikut :

$$P_{gj} = P'_{gj} + P_{gj}^{\min} \dots\dots\dots (3.23)$$

$$F = F' + \sum_{j=1}^n C_j P_{gj}^{\min} \dots\dots\dots (3.33)$$

$$P = -BV'_p V'_q \dots\dots\dots (3.34)$$

$$V'_q = -Z'(D^T P_g - P_d) \dots\dots\dots (3.35)$$

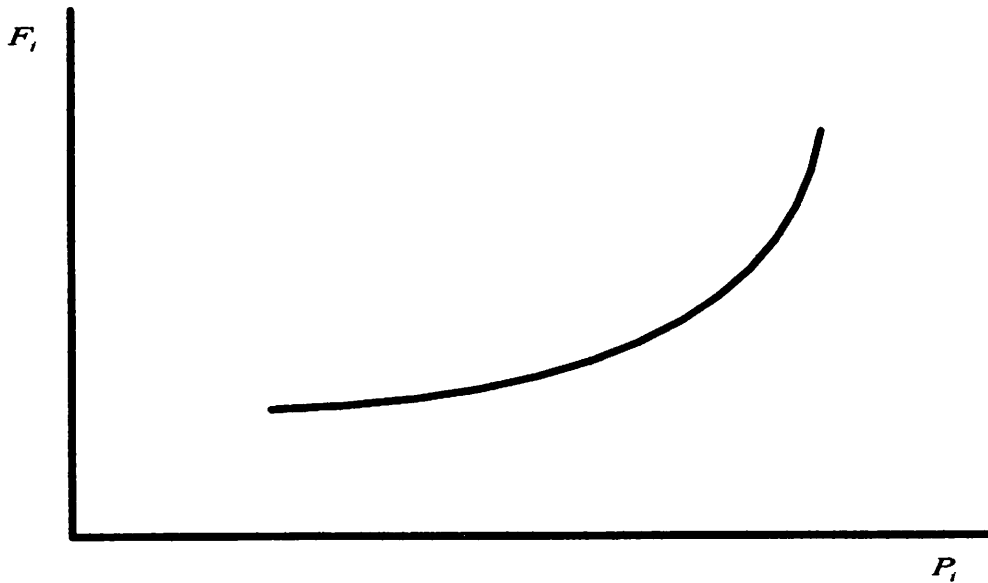
3.5. Metode-Metode *Linear Programming*^[2]

Metode-metode Gradien dan Newton untuk pemecahan suatu *Optimal Power Flow* yang mengalami kesulitan di dalam penanganan paksaan-paksaan ketidakseimbangan. Namun, *linear programming* sangat ahli di dalam menangani paksaan-paksaan ketidakseimbangan, sejauh masalah-masalah dipecahkan seperti yang dapat digambarkan dalam bentuk linear tanpa kehilangan keakuratan.

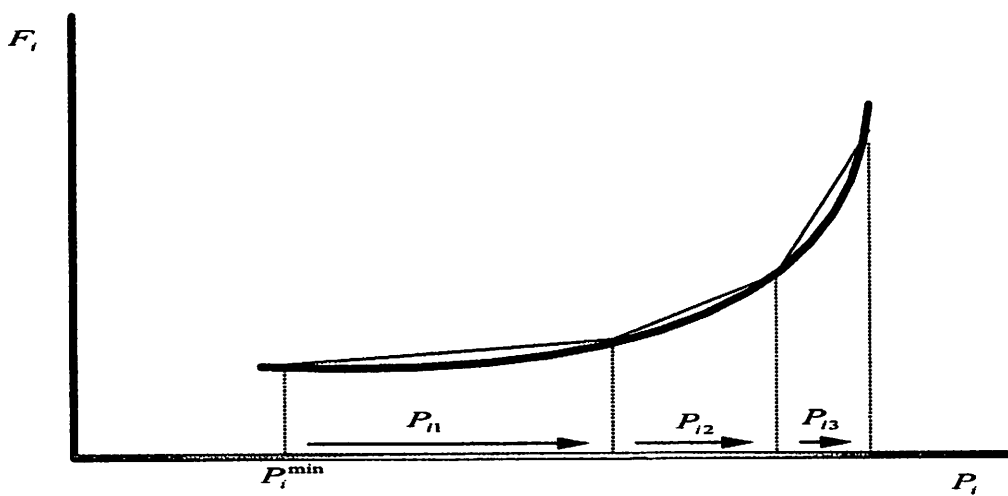
Dimana jenis strategi yang digunakan untuk menciptakan suatu *Optimal Power Flow* dengan menggunakan *linear programming*. Persamaan-persamaan arus tenaga dapat dibuat untuk representasi DC, kumpulan yang digabungkan dari persamaan-persamaan AC, atau persamaan arus tenaga AC penuh. Pilihan tersebut akan mempengaruhi kesulitan untuk mencapai koefisien-koefisien sensitivitas yang dibuat *linear* dan uji kesesuaian yang digunakan.

Di perumusan dibawah ini, kita menunjukkan bagaimana *optimal power flow* dapat dibuat strukturnya seperti suatu *linear programming*. Pertama kali menangani masalah pernyataan input-output *nonlinear* atau fungsi biaya sebagai

suatu kumpulan fungsi-fungsi *linear*. Ini sama dengan perlakuan pembagian beban unit thermal. Dimana fungsi biaya menjadi sebagaimana yang nampak dalam gambar 3.1.



Gambar 3.2
Sebuah Karakteristik Fungsi Harga NonLinear



Gambar 3.3
Sebuah Fungsi Harga *Linear*

Kita dapat memperkirakan fungsi nonlinear ini sebagai suatu rangkaian segmen garis lurus sebagaimana nampak di dalam gambar 3.2. Ketiga segmen tersebut yang ditunjukkan akan diwakili sebagai P_{i1}, P_{i2}, P_{i3} dan masing-masing segman akan memiliki suatu gradien yang dirancang :

$$S_{i1}, S_{i2}, S_{i3}$$

Kemudian fungsi biaya itu sendiri:

$$F_i = (P_i) = F_i(P_i^{\min}) + S_{i1}P_{i1} + S_{i2}P_{i2} + S_{i3}P_{i3} \dots\dots\dots(3.36)$$

Dan

$$0 \leq P_{ik} \leq P_{ik}^+ \text{ Untuk } K = 1,2,3,\dots\dots\dots n \dots\dots\dots(3.37)$$

Dan terakhir

$$P_i = P_i^{\min} + P_{i1} + P_{i2} + P_{i3} \dots\dots\dots(3.38)$$

Fungsi biaya sekarang terbentuk dari suatu pernyataan linear di dalam nilai-nilai P_{ik} .

Di dalam perumusan *optimal power flow* dengan menggunakan *linear programming*, kita hanya memiliki variabel pengendali di dalam soal tersebut. Kita tidak berupaya untuk menempatkan variabel-variabel pernyataan ke dalam *programming linear*, atau tidak semua persamaan arus tenaga. Dimana, paksaan-paksaan yang ditetapkan di dalam *linear programming* yang merefleksikan pengaruh perubahan-perubahan di dalam hanya variabel-variabel kontrol. Di dalam contoh-contoh yang kita sajikan disini, variabel-variabel kontrol akan dibatasi bagi tenaga riil generator, besarnya voltase generator, dan tap transformator.

Paksaan berikutnya untuk dipertimbangkan di dalam *optimal power flow linear programming* adalah paksaan-paksaan yang mewakili kesetimbangan tenaga antara tenaga riil dan tenaga reaktif yang dihasilkan, dan dikonsumsi di dalam beban dan kehilangan. Persamaan kesetimbangan tenaga riil adalah :

$$P_{Gen} - P_{Load} - P_{loss} = 0 \dots\dots\dots(3.39)$$

Istilah kehilangan disini mewakili kehilangan I^2R di dalam jalur transmisi dan pengubah (transformer) transmisi. Kita dapat menggunakan turunan dengan memperhatikan kepada variabel-variabel kontrol, u , dan hasil ini di dalam:

$$\sum_u \left(\frac{\delta P_{gen}}{\delta u}\right)\Delta u - \sum_u \left(\frac{\delta P_{Load}}{\delta u}\right)\Delta u - \sum_u \left(\frac{\delta P_{Losses}}{\delta u}\right)\Delta u = 0 \dots\dots\dots(3.40)$$

Jika kita membuat substitusi seperti di dalam:

$$\Delta u = u - u^0 \dots\dots\dots(3.41)$$

Dimana istilah kehilangan dipahami dengan melibatkan nilai I^2X sebagaimana membebani dari kapasitor jalur dan reaktor cabang. Suatu substitusi dengan menggunakan $\Delta u = u - u^0$, sebagaimana diatas, dapat juga dilakukan disini.

Perumusan *linear programming* tersebut, sedemikian jauh, hendaknya memerlukan untuk menghambat variabel-variabel kontrol untuk hanya bergerak di dalam batas-batas masing-masing, tetapi tidak membatasi *optimal power flow* untuk mengoptimalkan biaya didalam batas-batas arus transmisi dan voltase bus beban. Untuk menambah paksaan jenis yang terakhir, kita harus menambahkan suatu penghambat baru kepada *linear programming*. Misalnya, katakanlah kita

hendak memberikan paksaan arus MVA pada jalur nm untuk jatuh di dalam batas bagian atas :

$$\text{MVA Flow}_{nm} \leq \text{MVA flow}_{nm}^{\max} \dots\dots\dots(4.42)$$

Paksaan-paksaan lain seperti batas-batas besarnya voltase, batas-batas MW cabang, dan sebagainya. Dapat ditambahkan di dalam suatu cara yang sama. Kita menambahkan sebanyak paksaan seperlunya untuk menghambat sistem tenaga untuk mempertahankan di dalam batas-batas yang dijelaskan sebelumnya. Ingat, tentu saja, bahwa turunan $P_{\text{kehilangan}}$ dan aliran daya nm MVA dicapai dari perhitungan koefisien sensitivitas *linear*.

3.5.1. Metode *Programming Linear* Dengan Hanya Variabel-Variabel Daya Riil.^[2]

Sebagai suatu pendahuluan bagi *programming linear optimal power flow*, kita akan menetapkan dan memecahkan suatu contoh sistem tenaga yang hanya memiliki tenaga riil generator sebagai variabel kontrol. Lebih lanjut, model tersebut untuk paksaan kesetimbangan tenaga sistem tenaga akan mengasumsikan bahwa beban adalah konstan dan bahwa kehilangan adalah konstan. Akhirnya, karena keseluruhan model yang digunakan di dalam *programming linear* di dasarkan pada hanya suatu perumusan MW, kita akan menggunakan faktor-faktor optimasi untuk membuat model pengaruh perubahan dalam kontrol pada paksaan. Kita akan memecahkan *linear programming* dan kemudian membuat penilaian kepada variabel-variabel kontrol dan memecahkan suatu arus tenaga di masing-masing pengulangan utama. Ini menjamin bahwa total pembangkitan sama dengan

beban plus kehilangan, dan bahwa arus MW di-update secara memadai. Fungsi-fungsi biaya dapat ditangani sebagaimana sebelum menggunakan perkiraan “*piecewise linear*” yang disegmentasikan berganda.

Persamaan “kesetimbangan tenaga” untuk kasus ini adalah sebagai berikut:

$$P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_{ref} = Constant \dots\dots\dots(3.43)$$

Untuk membatasi sistem tenaga, kita memerlukan perluasan paksaan, seperti arus MW, tegangan bus, dan sebagainya, sebagai fungsi fungsi *linear* dari variabel variabel kontrol. Di dalam kasus ini, variabel-variabel kontrol *linear* akan diwakili sebagai suatu vektor *u*

$$u = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ P_{ref} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(3.44)$$

Ini dilakukan dengan pendekatan sensitivitas *linear*, sebagaimana diturunkan di dalam seksi sebelumnya. Hasilnya adalah suatu kumpulan paksaan :

$$h(u) \leq h^+ \dots\dots\dots(3.45)$$

Yang dituliskan sebagaimana dalam

$$h(u) = h(u^0) + \frac{\delta h}{\delta u} (u - u^0) \leq h^+ \dots\dots\dots(3.46)$$

Paksaan-paksaan yang sama ditambahkan untuk kuantitas jaringan sistem tenaga yang dipegang dengan batasannya.

3.6. Metode Newton Raphson^[8]

Metode Newton Raphson dibentuk berdasarkan matriks admittansi simpul (Y_{bus}) sehingga merupakan suatu prosedur yang langsung dan sederhana.

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

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

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

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

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

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

$$I_p = \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_q \dots\dots\dots(3.47)$$

Injeksi daya pada simpul p adalah:

$$S_p = P_p - jQ_p = V_p^* I_p \dots\dots\dots(3.48)$$

$$= V_p^* \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_q \dots\dots\dots\{3.49\}$$

Maka persamaan (3.3) dapat ditulis :

$$P_p - jQ_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| e^{-j(\delta_p - \delta_q + \theta_{pq})} \dots\dots\dots(3.50)$$

Dengan memisahkan bagian riil dan bagian imajiner maka diperoleh:

$$P_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| \cos(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq}) \dots\dots\dots(3.51)$$

$$Q_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| \sin(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq}) \dots\dots\dots(3.52)$$

Kedua persamaan diatas akan menghasilkan suatu kumpulan persamaan serempak (simultan) yang tidak *linear* untuk setiap simpul system tenaga listrik. Untuk mengetahui magnitudo tegangan (V) dan sudut fasa (δ) setiap simpul dapat diselesaikan dengan menggunakan persamaan (3.46) dan (3.47) yang dilinierkan dengan metode Newton Raphson yang dapat dilihat dari persamaan dibawah ini:

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & M \\ N & L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \dots\dots\dots(3.53)$$

Dimana :

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

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

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

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

H,L,M,N merupakan elemen-elemen *off-diagonal* dan diagonal dari sub matriks jacobian yang dibentuk dengan mendefinisikan persamaan (3.46) dan (3.47), dimana:

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

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

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

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

Adapun rumus dari elemen matriks jacobian adalah:

-Untuk H

$$\frac{\partial P_p}{\partial \delta_q} = |V_p V_q Y_{pq}| \sin(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq}) \quad \text{dimana } p \neq q \dots \dots \dots (3.54)$$

$$\frac{\partial P_p}{\partial \delta_q} = - \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| \sin(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq})$$

-Untuk N

$$\frac{\partial P_p}{\partial |V_q|} = |V_p V_q Y_{pq}| \cos(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq}) \quad \text{dimana } p \neq q \dots \dots \dots (3.55)$$

$$\frac{\partial P_p}{\partial |V_q|} = 2|V_p Y_{pp}| \cos \theta_{pp} + \sum_{q=1}^n |V_p Y_{pq}| \cos(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq}) \dots \dots \dots (3.56)$$

-Untuk M

$$\frac{\partial Q_p}{\partial \delta_q} = |V_p V_q Y_{pq}| \cos(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq}) \quad \text{dimana } p \neq q \dots \dots \dots (3.57)$$

$$\frac{\partial Q_p}{\partial \delta_q} = - \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| \cos(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq}) \dots \dots \dots (3.58)$$

-Untuk L

$$\frac{\partial Q_p}{\partial |V_q|} = |V_p V_q Y_{pq}| \sin(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq}) \quad \text{dimana } p \neq q \dots\dots\dots(3.59)$$

$$\frac{\partial Q_p}{\partial |V_q|} = 2|V_p Y_{pp}| \sin \theta_{pp} + \sum_{q=1}^n |V_p Y_{pq}| \sin(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq}) \dots\dots\dots(3.60)$$

Untuk memisahkan selisih daya, maka mula-mula ditentukan harga awal tegangan simpul dan sudut fasanya, kemudian daya aktif dan reaktif dihitung menggunakan persamaan (3.52) dan persamaan (3.53) Selisih daya antara daya yang telah ditentukan dengan daya hasil perhitungan ini merupakan daya yang terjadi pada simpul. *Magnitude* tegangan dan sudut fasa yang diasumsikan ($|V|$) dan (δ) serta selisih daya yang dihitung (ΔP & ΔQ) digunakan untuk memperoleh elemen-elemen matrik *Jacobian*.

Persamaan (3.60) diselesaikan untuk menghitung vektor koreksi *magnitude* tegangan $\Delta(|V|)$ dan sudut fasa tegangan ($\Delta\delta$) yang baru. Sehingga diperoleh harga *magnitude* tegangan dan sudut fasa yang baru, yaitu:

$$|V|^{k+1} = |V|^k + \Delta|V|^k \dots\dots\dots(3.61)$$

$$\delta^{k+1} = \delta^k + \Delta\delta^k \dots\dots\dots(3.62)$$

Proses perhitungan akan berulang sampai selisih daya nyata dan daya reaktif antara yang dijadwalkan dengan yang dihitung, yaitu ΔP dan ΔQ untuk semua simpul mendekati nilai toleransi atau proses perhitungan iterasi mencapai konvergen.

Sedangkan untuk algoritma aliran daya dengan metode Newton Raphson adalah sebagai berikut :

1. Bentuk matriks admitansi bus : $[Y_{bus}]$
2. Penetapan harga awal tegangan dan sudut fasa untuk semua bus kecuali bus slack $[V_i(0), \delta(0)]$
3. Menentukan nomor iterasi awal, $k=0$
4. Menghitung injeksi daya aktif dan reaktif pada setiap bus dengan persamaan kecuali bus slack
5. Menghitung selisih daya yang dijadwalkan dengan injeksi daya bus dari perhitungan
6. Menentukan perubahan maksimum pada daya aktif dan daya reaktif
7. Membandingkan apakah selisih daya sudah sama atau lebih kecil dari ϵ
8. Jika “ya” hitung daya aktif dan reaktif, tegangan dan sudut fasa tegangan pada setiap bus, serta aliran daya pada saluran dan perhitungan selesai, jika “tidak” lanjutkan ke langkah berikutnya
9. Membentuk elemen matriks Jakobian
10. Menghitung faktor koreksi tegangan dan sudut fasa setiap bus kecuali bus slack dan bus generator
11. Menghitung nilai tegangan dan sudut fasa yang baru
12. Mengganti nilai sudut fasa yang lama dengan sudut fasa yang baru, tegangan yang lama dengan tegangan yang baru
13. Perhitungan dilanjutkan ke langkah 4 dengan nilai iterasi yang baru sampai hasil yang didapatkan konvergen.

3.7. Validasi Program

Program telah diuji validasi dengan data-data dari jurnal. Prosiding semiloka teknologi simulasi dan komputasi serta aplikasi 2005,” Metode *programming linear* untuk menyelesaikan prolem pembangkitan ekonomis pada sistem tenaga”, Hamzah Hilal, Direktorat P3TPSE, badan pengkajian dan penerapan teknologi. Jl. M. H. Thamrin No. 8 Gedung II, Lantai 19. Untuk jumlah pembangkit terdapat 24 Unit Pembangkit, 23 rel pembebanan dan 30 saluran transmisi.

Adapun data-data yang terdapat dalam jurnal tersebut sebagai berikut :

Tabel 3.1.
Data Saluran Transmisi Pada Jurnal

Saluran	Konek rel	R (p.u)	X (p.u)	B (p. u)	Batas pembebanan saluran
					PL (pu)
1	1-3	0,000	0,0540	0,0118	2,42
2	1-4	0,0693	0,0693	0,0151	3,09
3	2-5	0,0404	0,1003	0,0197	4,04
4	8-5	0,0325	0,0709	0,0157	3,25
5	2-7	0,0615	0,1620	0,0342	6,15
6	3-6	0,0576	0,1520	0,0320	5,76
7	4-9	0,0266	0,0700	0,0148	2,66
8	9-7	0,0229	0,0504	0,0112	2,29
9	8-6	0,0446	0,1003	0,0218	4,46
10	11-10	0,0233	0,0514	0,0456	9,32
11	8-10	0,0597	0,1315	0,0291	5,97
12	9-10	0,0597	0,1315	0,0291	5,97
13	13-14	0,0043	0,0351	0,2373	16,53
14	14-12	0,0043	0,0351	0,2373	16,53
15	15-12	0,0038	0,0307	0,2078	14,61
16	18-15	0,0035	0,0288	0,1951	13,45
17	23-13	0,0089	0,0720	0,4871	34,21
18	16-17	0,0010	0,0080	0,0543	3,84
19	17-18	0,0021	0,0167	0,1133	8,07
20	19-18	0,0016	0,0127	0,0862	6,15

21	20-19	0,0045	0,0362	0,2451	17,30
22	22-18	0,0024	0,0192	0,1298	9,23
23	20-21	0,0019	0,0156	0,1056	7,30
24	21-22	0,0014	0,0114	0,0770	5,38
25	23-16	0,0020	0,0164	0,1109	7,69
26	12-8	0,0023	0,0839	0,0000	0,55
27	13-8	0,0023	0,0839	0,0000	0,55
28	12-9	0,00185	0,1300	0,0000	0,60
29	13-9	0,0023	0,0839	0,0000	0,55
30	1-2	0,0025	0,2000	0,0000	0,20

Tabel 3.2.
Data Unit Pembangkit Pada Jurnal

Generator	Koneksi – rel	P_g^{\min}	P_g^{\max}	Incremental Biaya
		(MW)	(MW)	£/MWh
1	1	15	61	3.22
2	1	15	61	3.22
3	1	15	61	3.22
4	2	15	61	3.22
5	2	30	61	2.20
6	2	30	61	2.20
7	11	43	58	2.16
8	11	43	59	2.16
9	11	43	59	2.17
10	11	43	59	2.14
11	14	83	83	0.85
12	14	83	83	0.85
13	14	83	83	0.85
14	14	83	83	0.85
15	14	83	83	0.85
16	14	83	83	0.85
17	20	22	112	1.71
18	20	135	334	1.42
19	20	143	357	1.21
20	23	22	112	1.67
21	23	22	112	1.71
22	23	22	112	1.67
23	23	135	334	1.35
24	23	143	358	1.15

Data-data yang terdapat pada tabel (3.1), (3.2), (3.3), dan jika dilakukan eksekusi program optimasi *economic dispatch* dengan menggunakan metode *linear programming* pada skripsi ini akan didapat hasil sebagai berikut :

Rel	Tegangan nominal (kV)	Total	
		MW	MVAR
1	132	64	16
2	132	101	2
3	132	0	0
4	132	47	12
5	132	51	13
6	132	41	10
7	132	48	12
8	132	1	0
9	132	150	38
10	132	177	44
11	132	130	32
12	275	6	0
13	275	-4	0
14	275	480	120
15	275	201	50
16	275	132	-33
17	275	344	86
18	275	104	26
19	275	376	94
20	275	-100	-25
21	275	375	94
22	275	-210	-52
23	275	129	32
Total		2.643	660

Data Kebutuhan Beban Pada Jurnal

Tabel 3.3.

Bus		Rugi	
from	to	mva	mvar
1	2	0.010	0.805
1	3	0.000	-1.064
1	4	0.328	-0.617
2	5	0.256	-1.330
2	7	0.588	-1.655
3	6	0.003	-2.868
4	9	0.100	-1.052
8	5	0.641	1.399
8	6	0.806	1.813
8	10	2.102	1.949
9	7	0.162	0.357
9	10	0.304	-1.943
11	10	3.472	7.660
12	8	0.066	2.399
12	9	0.099	6.926
13	8	0.196	7.148
13	9	0.534	19.484
13	14	0.155	-1.554
14	12	0.261	2.127
15	12	0.342	2.760
16	17	1.626	7.900
17	18	0.030	-10.246
18	15	2.879	23.687
19	18	0.040	0.316
20	19	8.048	64.743
20	21	4.867	29.651
21	22	0.190	-5.780
22	18	2.692	21.540
23	13	6.735	54.484
23	16	5.576	45.720

Gambar 3.4.
 Nilai Rugi-Rugi Sebelum Optimasi Pada Tiap Saluran

```

Jumlah Pembangkitan = 2686.1058+675.27725i MVA
Jumlah Pembebanan = 2643+571i MVA
Jumlah Rugi-Rugi = 43.10579+104.27731 MVA
Jumlah Iterasi = 3
Jumlah Cost Gen = 4081.6806 Rupiah
Warning: The value of local variables may have been changed to match the
globals. Future versions of MATLAB will require that you declare
a variable to be global before you use that variable.
> In DataJournal at 122
Maximum number of function evaluations exceeded:
increase OPTIONS.MaxFunEvals.

x =

1.0e+003 *

0.1553
0.1832
0.4980
0.8030
1.0279

fval =

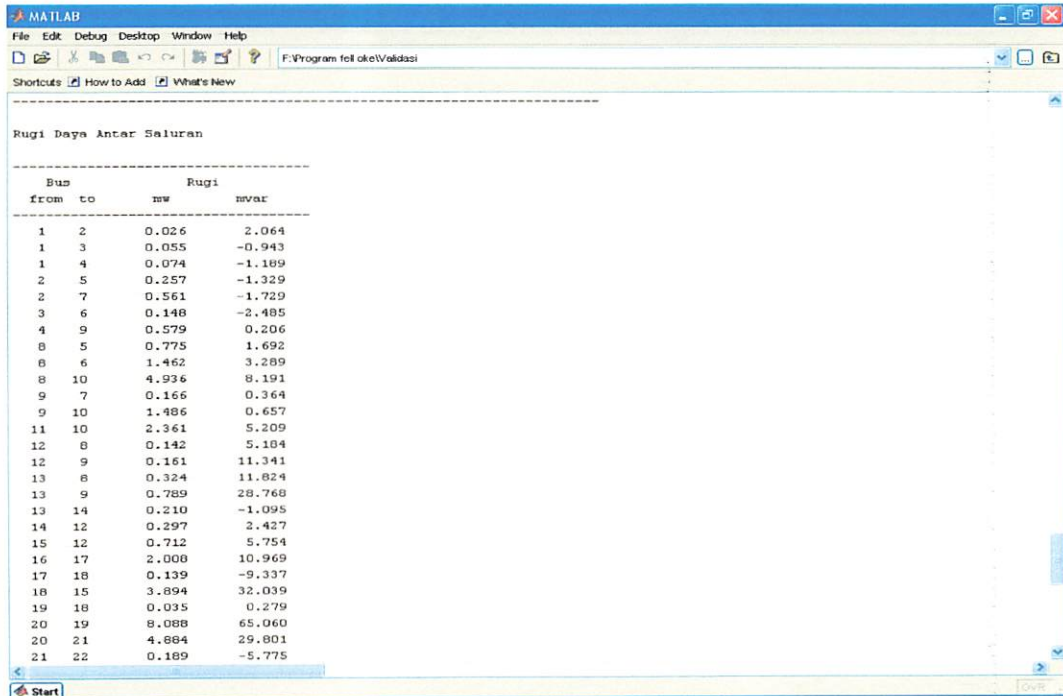
3.9672e+003

exiflag =

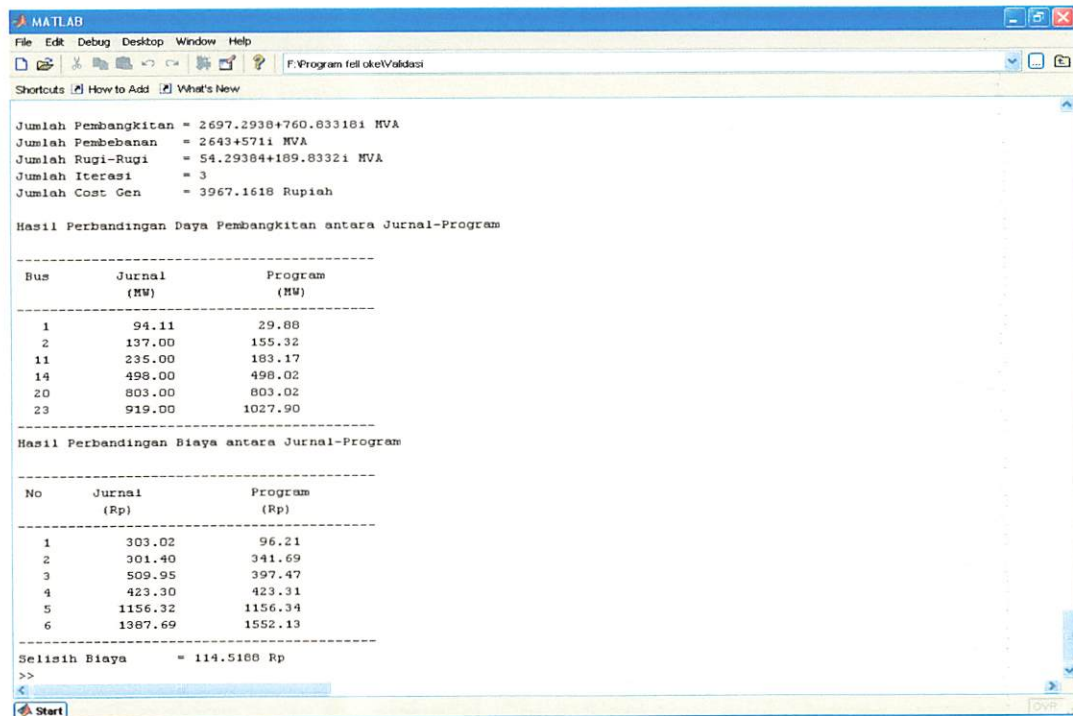
0

output =
  
```

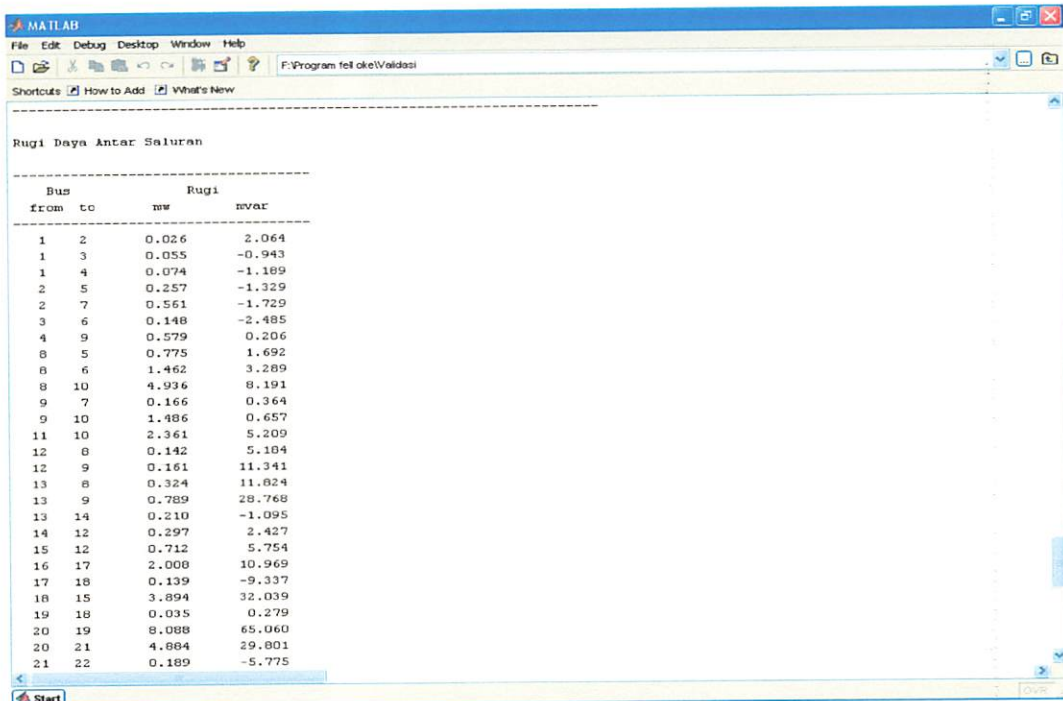
Gambar 3.5.
 Nilai Jumlah Pembangkitan, Jumlah Rugi-Rugi Saluran, Jumlah Pembebanan Dan
 Jumlah Harga Pembangkitan Sebelum Optimasi



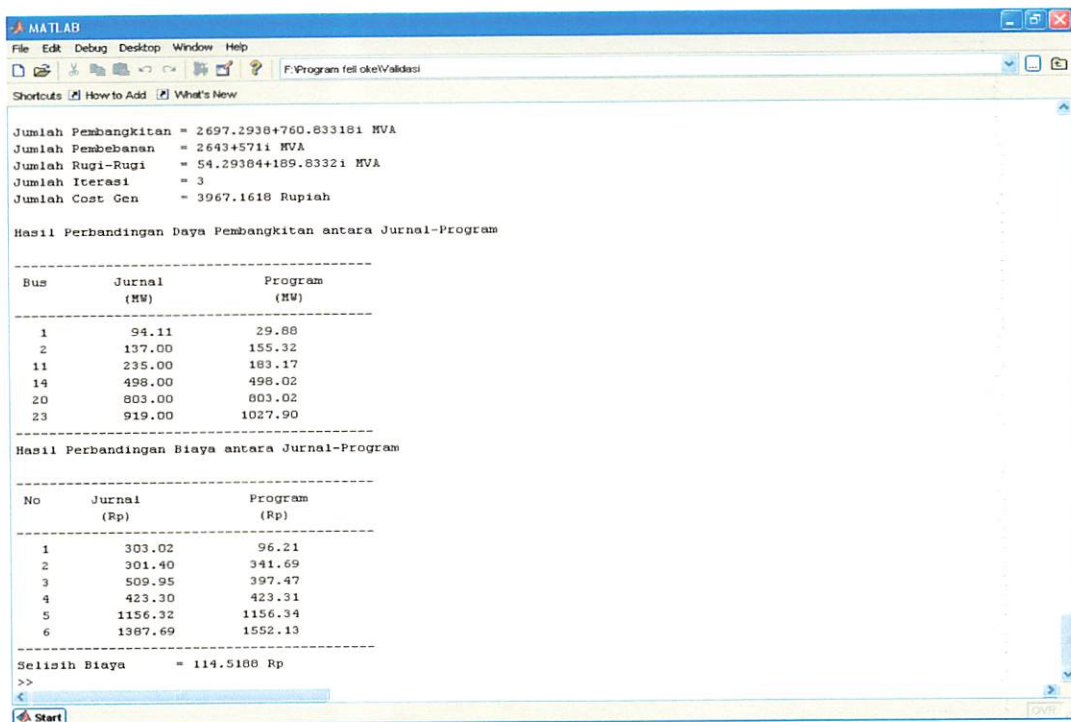
Gambar 3.6.
Nilai Rugi-Rugi Setelah Optimasi Pada Tiap Saluran



Gambar 3.7.
Nilai Jumlah Pembangkitan, Jumlah Pembebanan, Jumlah Rugi-Rugi Tiap Saluran Dan Jumlah Harga Pembangkitan.



Gambar 3.6.
Nilai Rugi-Rugi Setelah Optimasi Pada Tiap Saluran



Gambar 3.7.
Nilai Jumlah Pembangkitan, Jumlah Pembebanan, Jumlah Rugi-Rugi Tiap Saluran Dan Jumlah Harga Pembangkitan.

Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil keluaran program dengan menggunakan data jurnal dan keluaran pada jurnal.

Tabel 3.4.
Perbandingan Harga Pembangkitan Pada Jurnal Dengan Hasil Optimasi

Unit	Results	Total Biaya Operasi (\$)	Iterations	Func-Count	Stepsize	Firstorderopt	Ket
24	Jurnal	4,081.806	49	505	0,0039	1,836	Selisih Harga = 114.5108 (\$)
24	Optimasi	3,967.618	49	505	0,0039	1,836	

Setelah dilakukan proses pengujian data jurnal maka diperoleh biaya pembangkitan 3,967.1618 (\$), sedangkan dari data referensi jurnal ” Metode *Linear Programming* Untuk Menyelesaikan Problem Pembangkitan Ekonomis pada sistem Tenaga Listrik”, Jurnal prosiding semiloka teknologi simulasi dan komputasi serta aplikasi, 2005 diperoleh pembangkitan sebesar 4,081.6860 (\$)

$$\begin{aligned} \%error &= \frac{\text{data jurnal} - \text{data pengujian}}{\text{data jurnal}} \times 100\% \\ &= \frac{4.081,6860 - 3.967,1618}{4.081,6860} \times 100\% \\ &= 0,0281\% \end{aligned}$$

Dari Proses validasi di atas, didapatkan *error* sebesar 0,000281 atau sekitar 0,0281%. Untuk rugi saluran transmisi, berdasarkan pada jurnal rugi saluran setelah mengalami optimasi sebesar 54,29384 MW, sedang hasil pengujian dari jurnal rugi-rugi saluran transmisinya sebesar 43,10579 MW. Hal ini menunjukkan bahwa metode *linear programming* mampu mengoptimalkan biaya pembangkitan serta meminimasi rugi saluran transmisi dengan *error* yang cukup kecil dengan batas toleransi galat relatif sebesar 0,003 dan toleransi galat mutlak sebesar 0,00001 sehingga metode ini layak untuk di gunakan.

3.8. Penggunaan Program Komputer Metode *Linear Programming* (SQP dan *Jacobian*)^[4]

Untuk memecahkan masalah problem *economic dispatch* secara ekonomis digunakan bantuan program komputer metode *linear programming* (SQP dan *Jacobian* sebagai iterasi perhitungan), persamaan rumus Newton Rapson yang ada didalam *soft were* Matlab7.0.4. Program ini sangat berguna untuk mempercepat proses perhitungan yang membutuhkan perhitungan dengan ketelitian yang tinggi dan sering melibatkan iterasi yang membutuhkan waktu yang lama bisa dikerjakan secara manual.

Untuk itu pemecahan masalah problem pembangkitan disini menggunakan bantuan *soft ware* Matlab versi 7.0.4 untuk menjalankan proses perhitungan.

3.9. Aliran Algoritma Optimasi Problem *Economic Dispatch* Unit Pembangkit Thermal Dengan Memperhitungkan Rugi-Rugi Saluran Transmisi Menggunakan *Linear Programming* Pada Sistem Jaringan Transmisi 500 kV Pembangkitan Jawa-Bali^[6]

Langkah – langkah Algoritma sebagai berikut :

1. Masukkan jumlah data setiap unit pembangkit tenaga listrik, data saluran dan data pembebanan.:
 - Adapun data-data pembangkitan adalah jumlah unit pembangkit tenaga listrik yaitu daya aktif (P_{gj}), kapasitas daya maksimum (P_{max}), kapasitas daya minimum (P_{min}).
 - Data-data saluran adalah B, L, V_p', Z', D^T .

2. Pemberian inisialisasi

- Inisialisasi $i = 1$ s/d m ; $i =$ Jumlah pembebanan.

$j = 1$ s/d n ; $j =$ Jumlah generator.

3. Hitung : $E = BV_p' Z'$.

4. Hitung : $P_{gj}' = P_{gj} - P_{gj}^{\min}$.

5. Apakah $P_{gj}' \geq 0$ jika tidak $j = j + 1$ dan masuk ke langkah no 2. jika ya, lanjutkan ke langkah selanjutnya.

6. Hitung : $F' = \sum_{j=1}^n C_j P_{gj}'$.

7. Hitung : $P_{di}' = P_{di} - \sum_{jeUP(i)} P_{gj}^{\min}$.

8. Apakah $\sum_{j=1}^n P_{gj}' \geq \sum_{i=1}^m P_{di}'$ jika tidak $j = j + 1$ dan masuk ke langkah no 2. jika ya, lanjutkan ke langkah selanjutnya.

9. Hitung : $P_{gj} = P_{gj}^{\max} - P_{gj}^{\min}$.

10. Apakah $-P_g' \geq -P_g$ jika tidak $j = j + 1$ dan masuk ke langkah no 2. jika ya, lanjutkan ke langkah selanjutnya.

11. Apakah $-ED^T P_g' \geq -P^{\max} - EP_d'$ jika tidak $j = j - 1$ dan masuk ke langkah no 2. jika ya, lanjutkan ke langkah selanjutnya.

12. Apakah $ED^T P_g' \geq P^{\min} + EP_d'$ jika tidak $j = j + 1$ dan masuk ke langkah no 2. jika ya, lanjutkan ke langkah selanjutnya.

13. Hitung :

$$P_{gj} = P'_{gj} + P_{gj}^{\min}$$

$$F = F' + \sum C_j P_{gj}^{\min}$$

14. "CETAK OUTPUT"

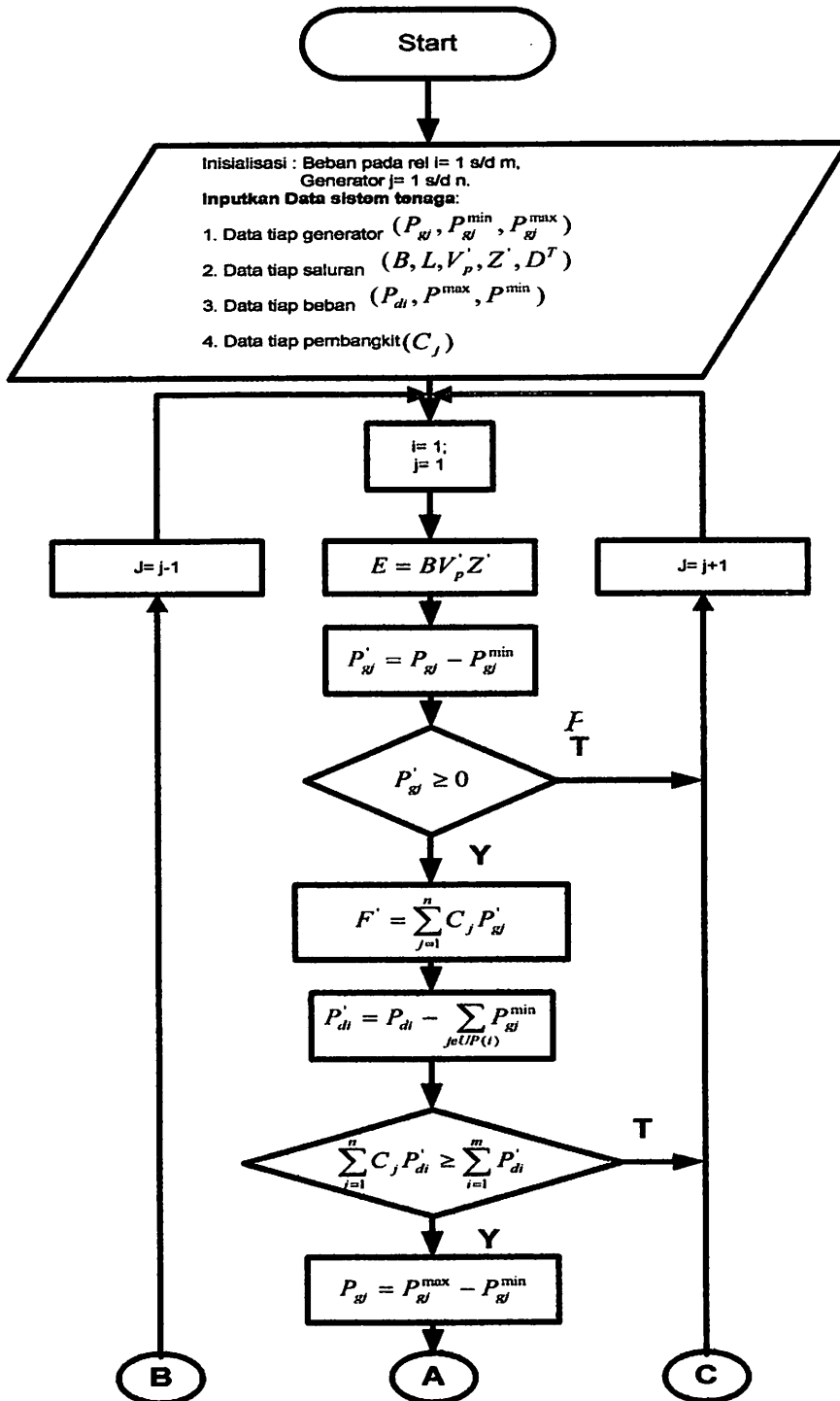
1. P_{gj} j = 1s/d n

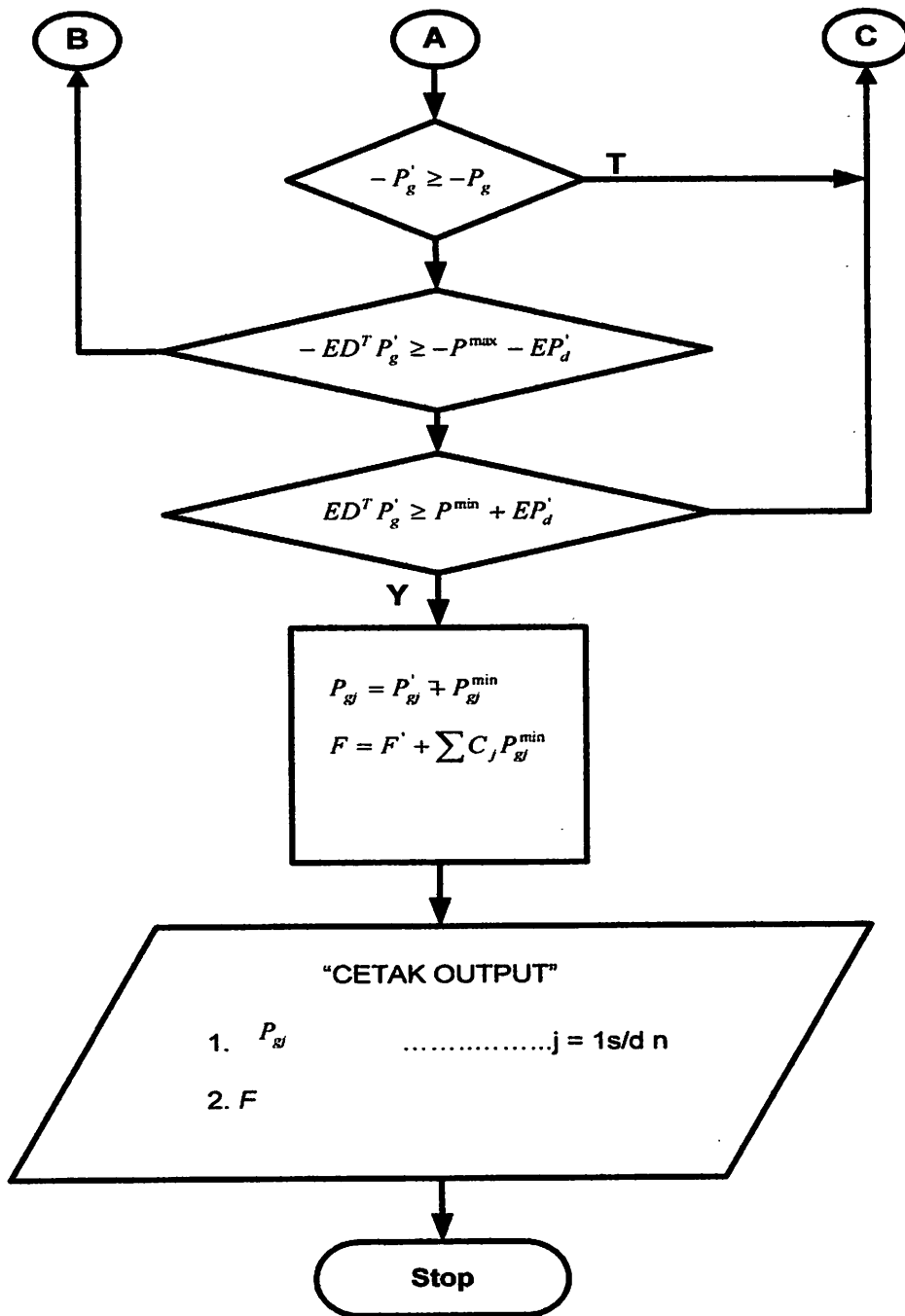
2. F

15. Selesai.

3.10. Flow Chart

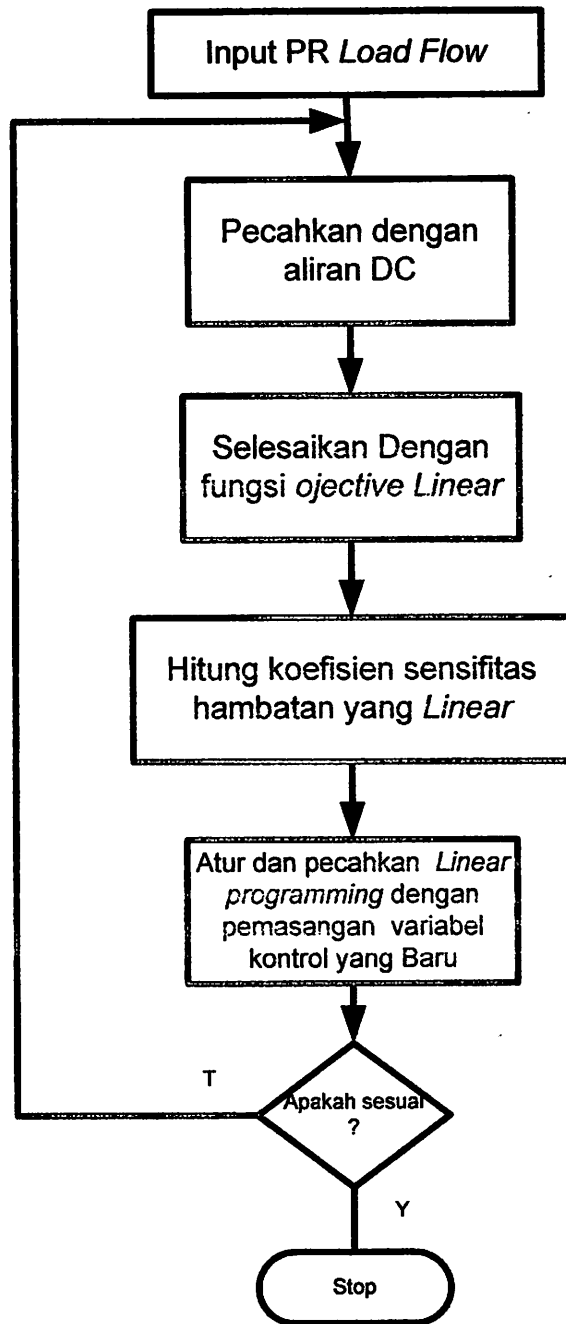
1. Flow Chart Penurunan Rumus Di Jurnal^[6]





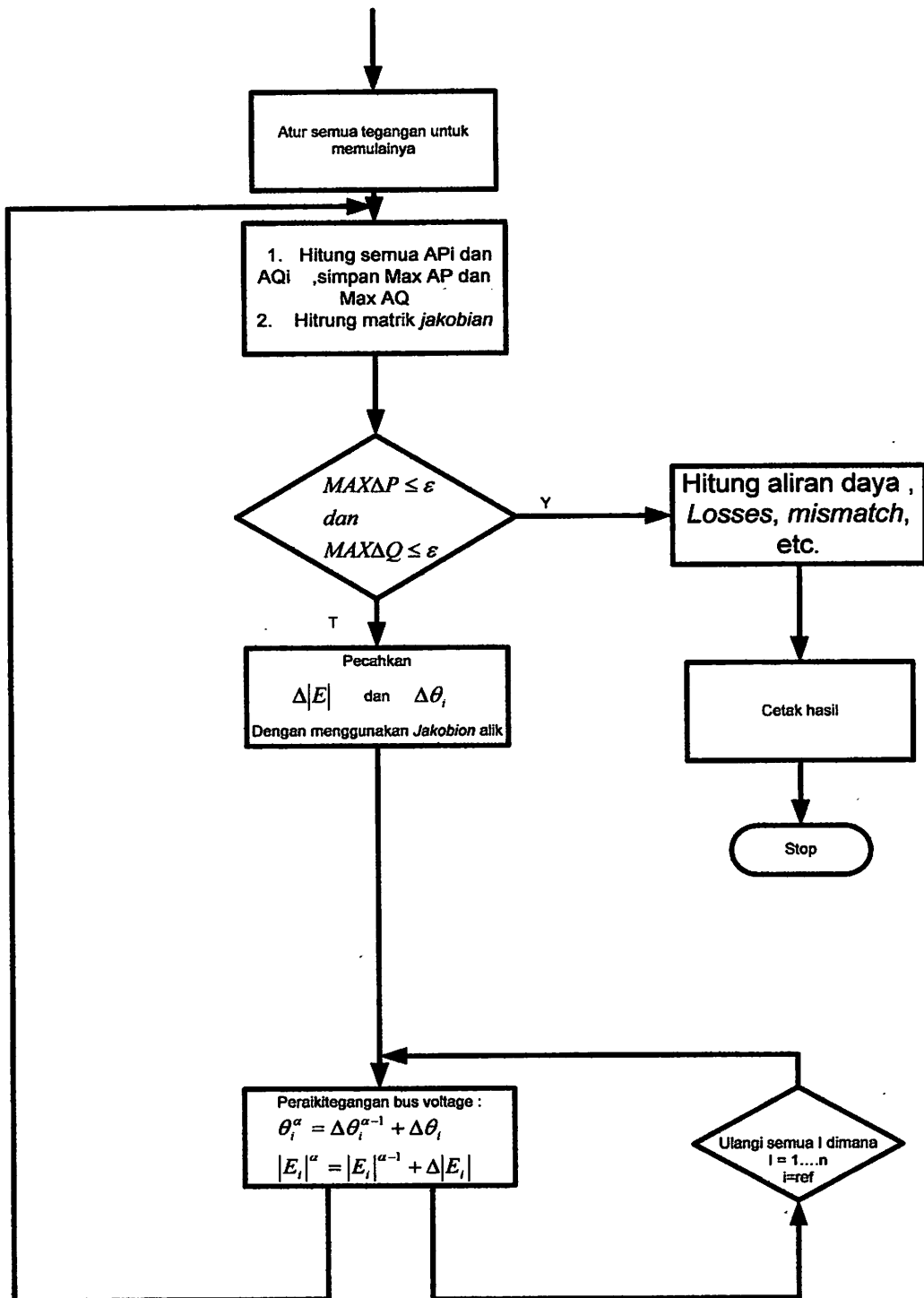
Gambar 3.8.
Flow Chart Optimasi Problem *Economic Dispatch* Unit Thermal dengan memperhitungkan Rugi-Rugi Saluran Transmisi Menggunakan Metode *Linier Programming*

2. Pemecahan Metode-Metode *Linear programming*^[2]



Gambar 3.9.
Strategi Solusi *Linear Programming Optimal Power Flow*

3. Flow Chart Solusi Aliran Daya Newton Raphson^[2]

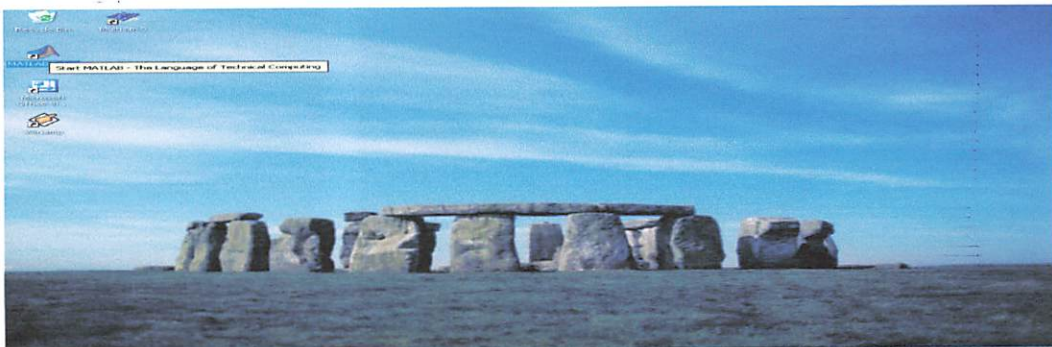


Gambar 3.10.
Flow Chart Solusi Aliran Daya Newton Raphson

3.11. Simulasi Program Sebagai Pemecahan Masalah Problem Optimasi *Economic Dispatch* Pembangkit Thermal Dengan Metode *Linear Programming*

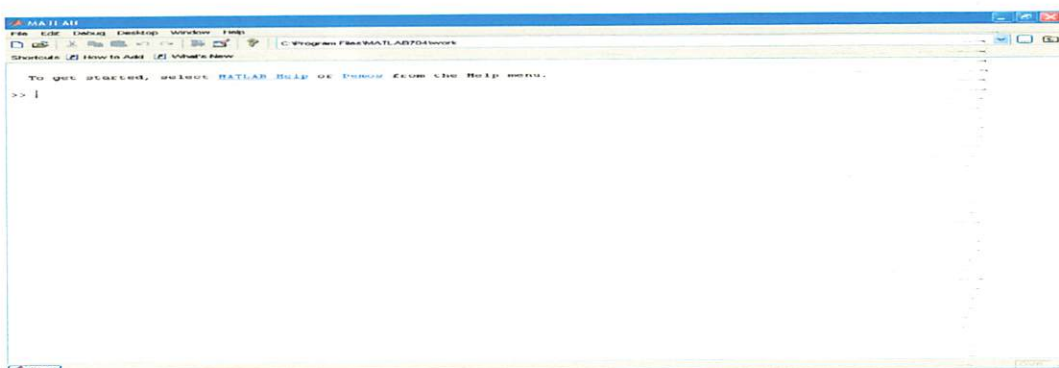
Dalam pemecahan masalah problem *economic dispatch* pada pembangkitan Jawa-Bali digunakan bantuan program komputer yang bertujuan mempercepat proses perhitungan dengan tingkat ketelitian yang tinggi dan akurat. Adapun program komputer yang digunakan adalah perhitungan *soft were* Matlab 7.0.4 dan jenis komputer yang dipakai adalah Inter (R), Pantium (R), 4 CPU 2.40 GHz, 496 MB of Ram.

1. Tampilkan menu dari program.



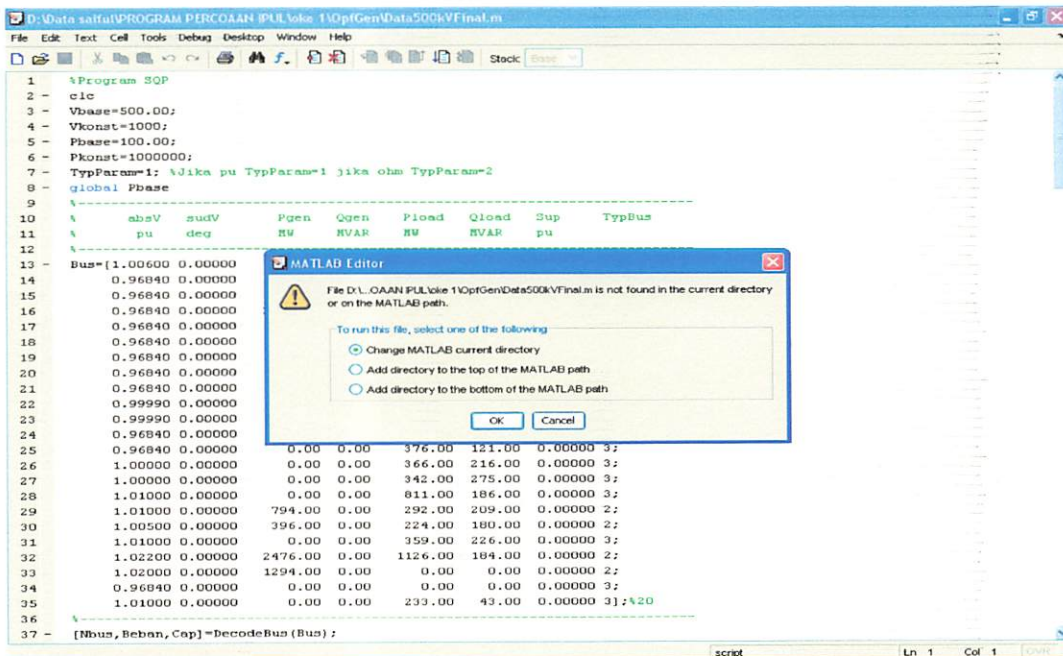
Gambar 3.11.
Tampilan Program Utama

2. Tekan menu Matlab sehingga muncul tampilan.



Gambar 3.12.
Tampilan Pembuatan Program

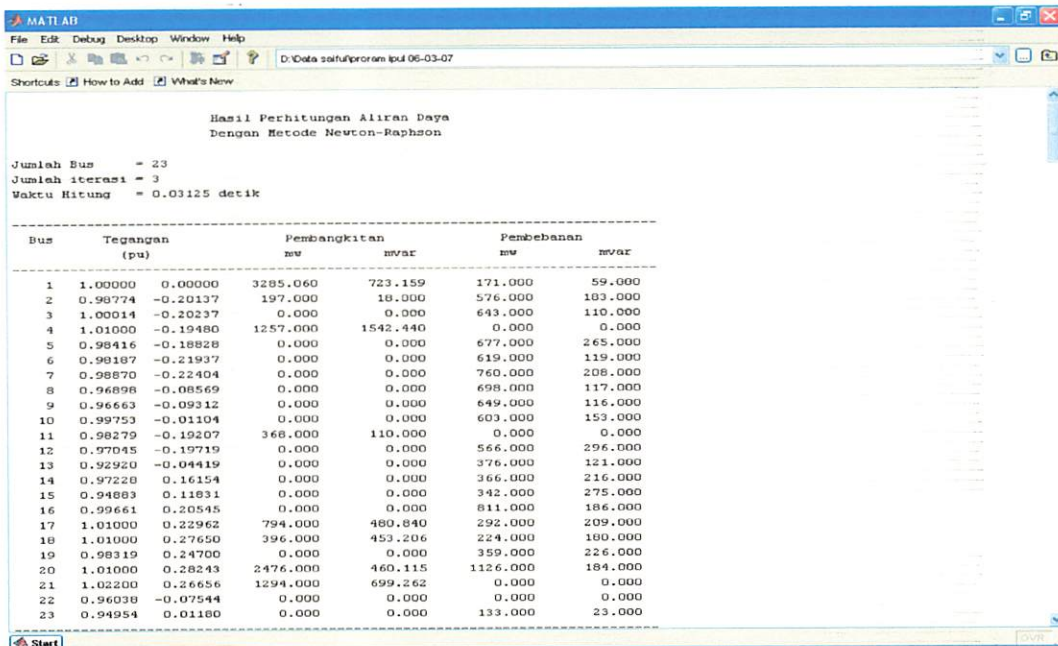
2. Pilihan data TA, kemudian tekan F5



Gambar 3.13.

Tampilan Hasil Program Sebelum Proses Optimasi

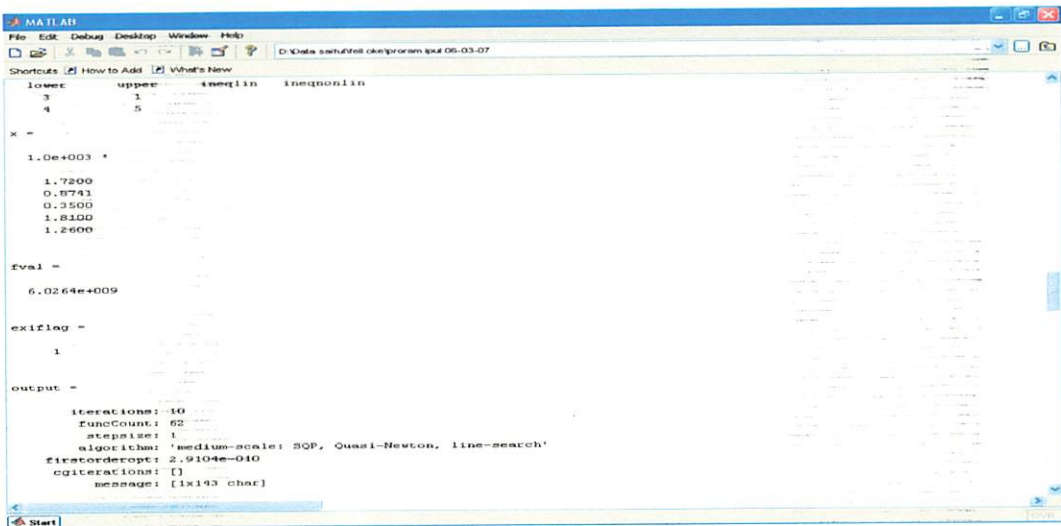
3. Tampilan hasil lokasi, type, dan settingan dari *linear programming*



Gambar 3.14.

Tampilan Hasil Lokasi, Type, Dan Settingan Dari *Linear Programming*

3. Tampilan hasil settingan optimal sebelum dan sesudah optimasi *linear programming*



Gambar 3.15.
Tampilan Hasil Settingan Optimal Sebelum Dan Sesudah Optimasi *Linear Programming*

BAB IV

ANALISA DAN HASIL

BAB IV

ANALISISA DAN HASIL

4.1. Studi Pustaka

Dalam pusat pembangkit thermis biaya bahan bakar sebuah unit pembangkit merupakan fungsi beban pembangkitan bersangkutan. Kemampuan memikul beban menentukan keandalan sistem energi elektrik, sehingga selalu diupayakan besar daya yang dibangkitkan harus sama dengan besar kebutuhan di sisi beban setiap saat. Unit pembangkit thermis yang berbahan bakar fosil, penambahan beban akan mendorong penambahan kuantitas (jumlah) bahan bakar per satuan waktu, dan pada akhirnya akan mendorong penambahan biaya per satuan waktu. Dinyatakan dalam lingkup tersebut, bahwa fluktuasi kebutuhan di sisi beban akan menimbulkan fluktuasi biaya bahan bakar yang terkait, sehingga didapat pola korelasi keduanya.

Mengabaikan kehilangan daya pada saluran transmisi, akan gagal menekan biaya. Untuk menentukan distribusi beban secara ekonomis di antara unit-unit pembangkit, maka perlu dipertimbangkan rugi-rugi (kehilangan daya) dalam saluran transmisi sebagai fungsi pembangkitan. Meskipun biaya bahan bakar tambahan pada salah satu rel daya (busbar) unit mungkin lebih rendah dengan biaya beban tambahan yang lebih rendah pada rel dayanya dapat bergerak jauh dari pusat bebannya. Kehilangan daya dalam saluran transmisi dari unit pembangkit yang mempunyai biaya tambahan lebih rendah mungkin saja terlalu besar, sehingga dilihat dari segi ekonomis terpaksa menurunkan beban pada unit

pembangkit dengan biaya tambahan yang lebih rendah, dan menaikkan daya pada unit pembangkit dengan biaya tambahan yang lebih tinggi.

4.2. Aplikasi Algoritma Metode *Linear Programming* Pada Pembangkitan Jawa-Bali Sistem 500 kV.

Perhitungan dan analisa ini dilakukan jam 19.00 pada tanggal 11 Desember 2006 pada sistem aliran daya 500 kV sistem pembangkitan Jawa-Bali. Dimana analisa diambil hanya pembangkit thermal saja sebagai data simulasi analisa untuk mengisi beban pada jam tersebut untuk dioptimasi dengan pembagian beban yang ekonomis dari harga pembangkitan pusat pembangkit thermal. Dimana terdapat 6 pusat pembangkit yang terdiri 39 pembangkit, 23 bus, 27 saluran dan 17 pembebanan.

4.3. Data Unit Pembangkitan Thermal.

Jumlah unit pembangkit thermal di pembangkit Jawa-Bali berdasarkan survey yang dilakukan ditempat PT. PLN P3B yang terinterkoneksi dengan transmisi 500 kV. Untuk pembangkit thermal terdapat 6 pusat pembangkit yang terhubung ke bus terdiri 39 unit pembangkit diantaranya seperti pada tabel berikut:

Tabel 4.1. Data Unit Pembangkitan

Pembangkit	Gen erato r	Kon eksi- rel	P_g^{\min} (MW)	P_g^{\max} (MW)	Incremental biaya (Rp.)/KWh
Suralaya	1	1	225	370	114515,0
	2	1	225	370	114515,0
	3	1	225	370	114515,0
	4	1	225	370	114515,0
	5	1	325	570	114515,0
	6	1	325	570	114515,0
	7	1	325	570	114515,0
PLTGU Muara Tawar	8	4	83	138	541262,5
	9	4	83	138	541262,5
	10	4	83	138	541262,5
	11	4	177	202	541262,5
	12	4	83	138	377000,0
	13	4	83	138	541262,5
	14	4	83	138	541262,5
	15	4	83	138	541262,5
	16	4	83	138	541262,5
	17	4	83	138	541262,5
	18	4	83	138	541262,5
	19	4	83	138	541262,5
PLTU TJ Jati	20	21	355	630	114515,0
	21	21	355	630	114515,0
PLTGU Gresik	22	17	67	102	212919,0
	23	17	67	102	212919,0
	24	17	67	102	212919,0
	25	17	67	102	212919,0
	26	17	67	102	212919,0
	27	17	67	102	212919,0
	28	17	120	145	370757,5
	29	17	120	145	370757,5
PLTGU Grati	30	18	75	100	683000,0
	31	18	75	100	
	32	18	75	100	
	33	18	125	150	
PLTU Paiton	34	20	225	370	114515,0
	35	20	225	370	114515,0
	36	20	330	580	114515,0
	37	20	330	580	114515,0
	38	20	350	615	114515,0
	39	20	350	615	114515,0

Sumber: Power Plant Data Sheet PT. PJB, Jl. Ketintang Baru No. 11 Surabaya dan PLTGU Grati

4.4. Beban Sistem

Proses *economic dispatch* dengan menggunakan metode *linear programming* bertujuan untuk mengoptimasi pembagian beban secara ekonomis dengan mempertimbangkan harga pembangkitan secara optimal *losses* transmisi. Sehingga dapat mengurangi biaya pengoperasian untuk memenuhi beban pada sistem pembangkitan Jawa-Bali dimana data pembebanan sebagai berikut :

Tabel 4.2. Data Kebutuhan Beban

Jenis pembangkit dan pembebanan	Bus	Tegangan nominal (kV)	Beban sistem	
			MW	MVAR
PLTU Suralaya	1	500	171	59
Cirata	2	500	576	183
Cibuta	3	500	743	210
PLTGU Muara Tawar	4	500	000	000
Cibinong	5	500	677	265
Bekasi	6	500	619	119
Cawang	7	500	760	208
Gandul	8	500	698	117
Kembang	9	500	649	116
Cilegon	10	500	703	173
Sanguling	11	500	000	000
Bandung Selatan	12	500	566	296
MD Rancan	13	500	376	121
Ungaran	14	500	366	316
Pedan	15	500	342	375
Surabaya barat / krian	16	500	811	186
PLTGU Gresik	17	500	292	209
PLTGU Grati	18	500	224	180
Kediri	19	500	359	226
PLTU Paiton	20	500	1126	184
PLTU Tanjung Jati	21	500	000	000
Depok	22	500	000	000
Tasik Malaya	23	500	233	43.0
Total			10.486	5.586

Sumber : Power Plant Data Sheet PT. PLN P3B Jl. Krukut Limo Cinere 16514 Jakarta Selatan Indonesia

Tabel 4.3. Data Kebutuhan Beban Pembangkitan

Pusat Pembangkit/Beban	Rel	Tegangan nominal (kV)	Beban sistem		Total (MW)	Total (MVAR)
			MW	Mvar		
Surabaya	1	500	336	85		
	2	500	384	14		
	3	500	370	81		
	4	500	386	69		
	5	500	571	301		
	6	500	557	295		
	7	500	589	366	3.193	1.211,0
	1	500	123	15		
Beban (Saguling)	2	500	121	22		
	3	500	123	38		
	4	500	124	35	368	110,0
	1	500	0	0		
Beban (Cirata)	2	500	63	-30		
	3	500	1	0		
	4	500	70	26		
	5	500	0	0		
	6	500	0	0		
	7	500	0	3		
	8	500	63	22	197	21,0
	1	500	249	158		
Muara tawar	2	500	126	77		
	3	500	187	35		
	4	500	0	-3		
	5	500	0	0		
	7	500	278			
	8	500	139	23		
	9	500	278	45		
	10	500	0	0	1.257	363,9
	1	500	604	-48		
	2	500	600	-37	1.204	-85,0
TJ. Jati	1	500	177	17		
	2	500	87	6		
	3	500	166	9		
	4	500	83	17		
	5	500	138	31		
	6	500	143	25	794	105,0
Gresik	1	500	177	17		
	2	500	87	6		
	3	500	166	9		
	4	500	83	17		
	5	500	138	31		
	6	500	143	25	794	105,0

Grati	1	500	0	0		
	2	500	0	0		
	3	500	86	17		
	4	500	172	30		
	5	500	138	19		
	6	500	0	0		
	7	500	0	0	396	66,0
Paiton	1	500	0	9		
	2	500	392	66		
	5	500	604	55		
	6	500	515	85		
	7	500	652	109		
	8	500	312	5	2.476	329,0

Sumber : Power Plant Data Sheet PT. PLN P3B Jl. Krukut Limo Cinere 16514 Jakarta Selatan Indonesia

4.5. Data Saluran

Dimana data saluran diperlukan untuk menghitung rugi-rugi saluran transmisi pada sistem jaringan transmisi 500 kV pembangkitan Jawa-Bali dimana data sebagai berikut :

Tabel 4.4.
Data Saluran Transmisi

Saluran	Koneksirel	R (pu)	X (pu)	B (pu)	Batas Pembebanan Saluran P_L (pu)
1	1--8	0,00065	0,00650	0,0000	0,8580
2	1--10	0,00005	0,00062	0,0000	0,0220
3	7--6	0,00010	0,00470	0,0000	0,0003
4	7--4	0,00060	0,00470	0,0000	0,1063
5	6--5	0,00040	0,00420	0,0000	0,2045
6	11--5	0,00040	0,00180	0,0000	0,1814
7	11--2	0,00040	0,00210	0,0000	0,0288
8	11--12	0,00015	0,00270	0,0000	0,0058
9	12--13	0,00025	0,37950	0,0000	0,1206
10	17--16	0,00010	0,00490	0,0000	0,0168
11	10--5	0,00130	0,01460	0,0000	0,6755
12	5--4	0,00060	0,04700	0,0000	0,0005
13	5--22	0,00010	0,02150	0,0000	0,0196
14	22--8	0,00010	0,02150	0,0000	0,0033
15	22-23	0,00065	0,01460	0,0001	0,0139
16	2--3	0,00025	0,00260	0,0000	0,0088

17	13--14	0,00130	0,2510	0,0001	0,8850
18	14--15	0,00070	0,00840	0,0000	0,1557
19	14--21	0,00000	0,00805	0,0000	0,0358
20	14--16	0,00145	0,01420	0,0002	0,3240
21	18--16	0,00035	0,01150	0,0000	0,2171
22	18--20	0,00040	0,00120	0,0000	0,1696
23	9--8	0,00015	0,00110	0,0000	0,0389
24	4--3	0,00025	0,01400	0,0000	0,0479
25	23--15	0,00015	0,01420	0,0002	0,3256
26	15--19	0,00100	0,02300	0,0001	0,2410
27	19--20	0,00100	0,00440	0,0001	0,6061

Sumber : Power Plant Data Sheet PT. PLN P3B Jl. Krukut Limo Cinere 16514 Jakarta Selatan Indonesia

4.6. Analisa Program Dan Hasil Perhitungan^[2]

Program optimalisasi pembagian beban secara ekonomis pada unit pembangkit thermal pada sistem pembangkitan Jawa-Bali dengan menggunakan metode *linear Programming*

Langkah-langkah kerja komputer yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Memasukkan data antara lain :

- a. Data pembangkitan
- b. Data saluran
- c. Data pembebanan
- d. Data pembatas daya (P_{min} dan P_{max} dari masing-masing pusat pembangkit)
- e. Biaya *incremental* pembangkitan

2. Menghitung Jumlah

- a. Pembangkitan
- b. Pembebanan
- c. Rugi-rugi saluran

d. Harga biaya pembangkitan

3. Melakukan perhitungan dan perbandingan optimasi dengan metode *linear programming*

a. Apakah $\sum_{j=1}^n P'_{gj} \geq \sum_{i=1}^m P'_{di}$ jika tidak maka bila jumlah beban lebih besar lebih dari pembangkitan maka $n + 1$ dan jika pembangkitan lebih besar maka $n - 1$, sehingga hasil optimasi antara beban seimbang dengan pemangkitan.

b. Hitung : $P'_{gj} = P_{gj}^{\max} - P_{gj}^{\min}$

c. Apakah $-P'_g \geq -P'^{ul}$ jika tidak maka perlu penambahan pembangkitan pada pada saluran

d. Apakah $-ED^T P'_g \geq -P^{\max} - EP'_d$ jika tidak maka perlu penambahan pembangkitan

e. Apakah $ED^T P'_g \geq P^{\min} + EP'_d$ jika tidak maka perlu penambahan pembangkitan

f. Hitung :

$$P_{gj} = P'_{gj} + P_{gj}^{\min}$$

$$F = F' + \sum C_j P_{gj}^{\min}$$

g. Cetak 1. Jumlah pembangkitan.

2. Jumlah harga biaya pembangkitan

j. Selesai.

Sehingga untuk mengetahui optimasi yang kita peroleh maka kita bandingkan dengan data sebelum di optimasi dimana :

Total kapasitas pembangkitan sistem Jawa-Bali adalah 20.000 MW.

Total beban sistem dengan jumlah pembebanan = 9.991 + 3.246i MVA

Tabel 4.5.
Daya Pembangkitan Sebelum Optimasi

Bus	Pembangkitan (MW)
1	3.374,47
4	1.257,00
17	794,00
18	396,00
20	2.476,00
21	1.294,00

Tabel 4.6.
Harga Total Biaya *Incremental* Pembangkitan Tiap Bus

Bus	C_j (<i>Incremental</i> Pembangkitan) (Rp.)/ KWh
1	801,605
4	6.336,887
17	13.516,655
18	683,000
20	687,090
21	229,030

Rugi-rugi daya sebelum optimasi adalah

Tabel 4.7.
Rugi-Rugi Saluran Sebelum Optimasi

Bus ke bus		Rugi-rugi saluran	
Dari	Ke	MW	MVar
1	8	12,799	127,985
1	10	1,727	21,421
2	3	0,509	5,290
2	11	0,873	4,580
3	4	1,860	10,419

4	5	1,650	12,928
4	7	3,425	26,828
5	6	2,109	22,141
5	10	20,137	226,150
5	11	0,242	1,090
5	22	0,250	53,695
6	7	0,027	1,276
8	9	0,685	5,023
8	22	0,003	0,635
11	12	0,370	6,657
12	13	0,323	49,058
13	14	7,409	143,035
14	15	1,855	22,263
14	16	1,767	17,263
14	21	0,000	145,606
15	19	3,013	69,287
15	23	0,637	60,263
16	17	0,315	15,439
16	18	1,419	46,640
18	20	0,925	2,776
19	20	9,408	41,376
22	23	1,733	38,898

Jumlah pembangkitan = 10.066,4703 + 4.424,0182i MVA

Jumlah rugi-rugi = 75,470284 + 1.178,0182i MVA

Jumlah harga pembangkitan C_j = Rp. 23.650.138,869,-

Sehingga penggunaan metode *linear* ini akan dibandingkan untuk memperoleh selisih atau besar optimasi yang didapat dimana sebagai berikut :

Output daya aktif setelah dioptimasi pembangkitan generator tersebut adalah

Tabel 4.8.
Daya Pembangkitan Setelah Di Optimasi

Bus	Pembangkitan (MW)
1	3.932,98
4	1.300,00
17	648,00
18	450,00
20	1.909,99
21	1.260,00

Rugi-rugi aliran daya setelah di optimasi adalah

Tabel 4.9.
Rugi-Rugi Saluran Setelah Di Optimasi

Bus ke bus		Rugi rugi saluran	
Dari	Ke	MW	MVar
1	8	17,808	178,084
1	10	2,326	28,839
2	3	0,493	5,130
2	11	0,717	3,764
3	4	1,990	11,144
4	5	1,651	12,936
4	7	3,416	26,758
5	6	2,115	22,204
5	10	30,940	347,475
5	11	0,654	2,942
5	22	0,135	28,990
6	7	0,027	1,284
8	9	0,687	5,035
8	22	0,065	13,991
11	12	0,519	9,344
12	13	0,050	7,538
13	14	3,617	69,826
14	15	1,194	14,323
14	16	0,212	2,041
14	21	0,000	147,146
15	19	0,614	14,094
15	23	0,093	8,775
16	17	0,178	8,716
16	18	0,650	21,347
18	20	0,171	0,512
19	20	4,559	20,041
22	23	0,095	2,110

Jumlah pembangkitan = $10.065,9746 + 4.260,39i$ MVA

Jumlah Rugi-rugi = $74,974606 + 1014,39i$ MVA

Jumlah harga pembangkitan $C_j = \text{Rp. } 22.057.708,803,-$

Output daya aktif setelah dioptimasi.

Tabel 4.10.
Perbandingan Daya Aktif Pembangkitan Sebelum Dan Sesudah Optimasi

Bus	Daya aktif sebelum optimasi (MW)	Daya aktif setelah optimasi (MW)
1	3.374,47	3.932,98
4	1.257,00	1.300,00
17	794,00	648,00
18	396,00	450,00
20	2.476,00	1.909,99
21	1.204,00	1.260,00

Tabel 4.11.
Perbandingan Rugi-Rugi Saluran Sebelum Dan Sesudah Optimasi

Dari bus ke bus		Sebelum optimasi		Sesudah optimasi	
Dari	Ke	MW	MVA	MW	MVA
1	8	12,799	127,985	17,808	178,084
1	10	1,727	21,421	2,326	28,839
2	3	0,509	5,290	0,493	5,130
2	11	0,873	4,580	0,717	3,764
3	4	1,860	10,419	1,990	11,144
4	5	1,650	12,928	1,651	12,936
4	7	3,425	26,828	3,416	26,758
5	6	2,109	22,141	2,115	22,204
5	10	20,137	226,150	30,940	347,475
5	11	0,242	1,090	0,654	2,942
5	22	0,250	53,695	0,135	28,990
6	7	0,027	1,276	0,027	1,284
8	9	0,685	5,023	0,687	5,035
8	22	0,003	0,635	0,065	13,991
11	12	0,370	6,657	0,519	9,344
12	13	0,323	49,058	0,050	7,538
13	14	7,409	143,035	3,617	69,826
14	15	1,855	22,263	1,194	14,323
14	16	1,767	17,263	0,212	2,041
14	21	0,000	145,606	0,000	147,146
15	19	3,013	69,287	0,614	14,094
15	23	0,637	60,263	0,093	8,775

16	17	0,315	15,439	0,178	8,716
16	18	1,419	46,640	0,650	21,347
18	20	0,925	2,776	0,171	0,512
19	20	9,408	41,376	4,559	20,041
22	23	1,733	38,898	0,095	2,110
Total MW		75,470		74,974	
% tase		100 %		99,342%	
Sehingga selisih % tase optimasi rugi-rugi saluran					0,658%

Tabel 4.12.
Perbandingan Harga Pembangkitan PLN Sebelum Dan Sesudah Optimasi

Bus	Harga PLN sebelum optimasi (Rp.)	Persentase sebelum optimasi (%)	Harga program setelah optimasi (Rp.)	Persentase setelah optimasi (%)
1	2.704.992,251	11,43	3.152.698,280	13,33
4	7.965.467,587	33,68	8.237.953,750	34,83
17	10.732.224,070	45,37	8.758.792,440	37,03
18	270.468,000	1,14	307.350,000	1,29
20	1.701.234,840	7,19	1.312.336,610	5,54
21	275.752,120	1,16	288.577,800	1,22
Total persentase sebelum optimasi		100 %	Total persentase setelah optimasi	93,26 %
Sehingga selisih optimasi didapat sebesar 6,733 % atau sebesar Rp. 1.592.429,989 ,-				

Tabel 4.13.
Perbandingan Jumlah Pembangkitan Sebelum Dan Jumlah Pembangkitan Sesudah Optimasi

Jumlah pembangkitan Sebelum Optimasi	Jumlah pembangkitan Sesudah Optimasi
10.066,4703 + 4.424,0182i MVA	10.065,9746 + 4.260,39003i MVA

Tabel 4.14.
Perbandingan Jumlah Rugi-Rugi Pembangkitan Sebelum Dan Jumlah Rugi-Rugi Pembangkitan Sesudah Optimasi

Jumlah pembangkitan rugi-rugi sebelum optimasi	Jumlah pembangkitan rugi-rugi sesudah optimasi
75,470284 + 1178,0182i MVA	74,974606 + 1.014,39i MVA

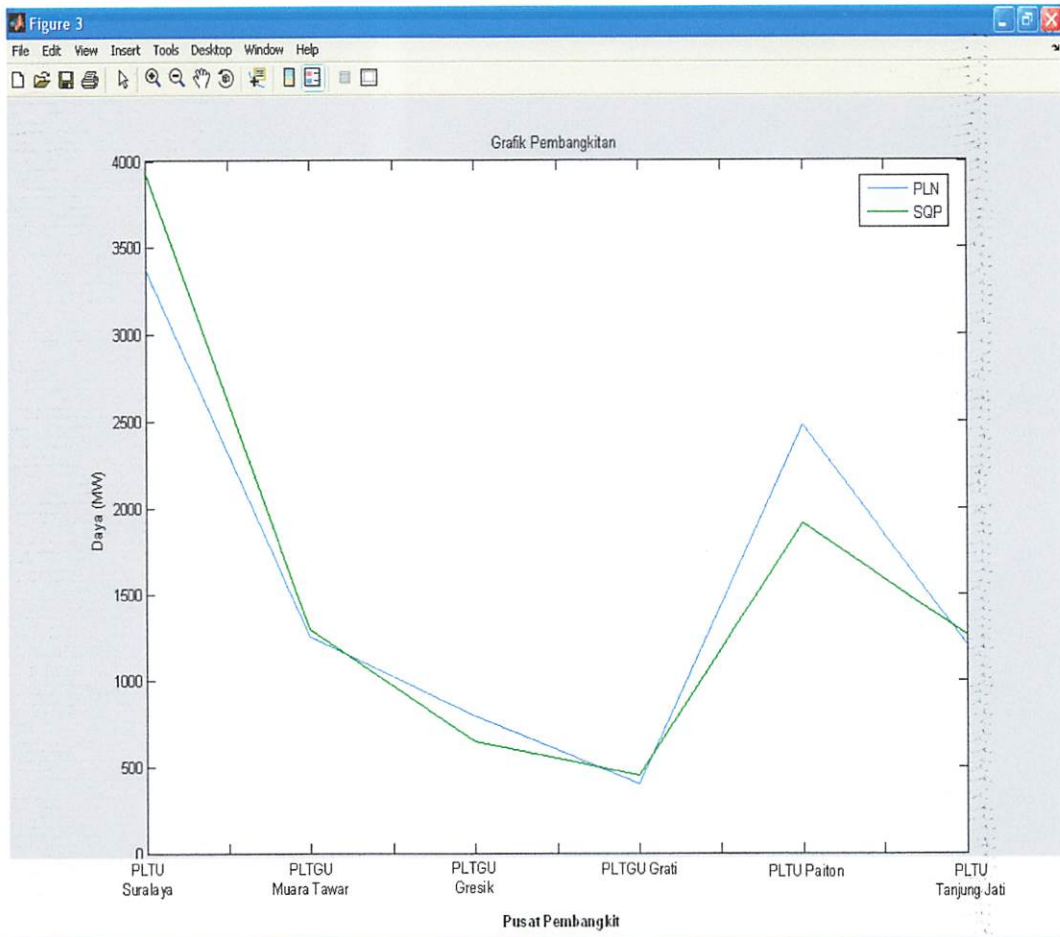
Tabel 4.15.
Perbandingan Jumlah Harga Pembangkitan Sebelum Dan Jumlah Harga
Pembangkitan Sesudah Optimasi

Jumlah pembangkitan harga sebelum optimasi	Jumlah pembangkitan harga sesudah optimasi
Rp. 23.650.138,869,-	Rp. 22.057.708,880,-

Sehingga didapat selisih harga biaya pembangkitan sebesar
Rp. 1.592.429,989 ,-

1. Tampilan hasil grafik output daya aktif tiap pusat pembangkit pada tiap bus pembangkitan

Grafik 4-1.
Hasil Grafik Output Daya Aktif Pusat Pembangkit Pada Tiap Bus Antara PLN
Dengan Program



Dalam proses perhitungan mengoptimalkan pembagian beban secara ekonomis cara yang digunakan untuk membentuk suatu *linear programming* adalah

1. *Objective function* (membentuk suatu fungsi tujuan)
2. Kendala-kendala persamaan
3. Pertidaksamaan sistem tenaga yang merefleksikan persyaratan pengoperasian sistem.

Dimana pada grafik (4-1) Untuk menghasilkan optimasi. Daya aktif output pembangkitan unit pembangkit pertama kali diambil harga biaya *incremental* pembangkitan yang termurah dimaksimalkan maksimal dan meminimalkan pembangkit dengan biaya *incremental* pembangkitan yang termahal pada unit pembangkit seperti (tabel 4.6.). Kedua membatasi pembangkit dengan batas-batasan thermal unit pembangkit antara lain batas minimum dan maksimum pembangkitan. Batasan-batasan tersebut dihasilkan dari jumlah unit pembangkit yang terhubung ke bus sehingga didapat pada tabel 4.16. Dibawah ini:

Tabel 4.16.
Batasan-Batasan thermal Unit Pembangkit Yang Dijumlah Dalam Bentuk Bus

Bus	Jumlah P^{\min} (MW)	Jumlah P^{\max} (MW)
1	1575	4000
4	1300	1720
17	648	902
18	350	450
20	1810	3130
21	710	1260

Dalam proses perhitungan mengoptimalkan pembagian beban secara ekonomis cara yang digunakan untuk membentuk suatu *linear programming* adalah

1. *Objective function* (membentuk suatu fungsi tujuan)
2. Kendala-kendala persamaan
3. Pertidaksamaan sistem tenaga yang merefleksikan persyaratan pengoperasian sistem.

Dimana pada grafik (4-1) Untuk menghasilkan optimasi. Daya aktif output pembangkitan unit pembangkit pertama kali diambil harga biaya *incremental* pembangkitan yang termurah dimaksimalkan maksimal dan meminimalkan pembangkit dengan biaya *incremental* pembangkitan yang termahal pada unit pembangkit seperti (tabel 4.6.). Kedua membatasi pembangkit dengan batas-batasan thermal unit pembangkit antara lain batas minimum dan maksimum pembangkitan. Batasan-batasan tersebut dihasilkan dari jumlah unit pembangkit yang terhubung ke bus sehingga didapat pada tabel 4.16. Dibawah ini:

Tabel 4.16.

Batasan-Batasan thermal Unit Pembangkit Yang Dijumlah Dalam Bentuk Bus

Bus	Jumlah P^{\min} (MW)	Jumlah P^{\max} (MW)
1	1575	4000
4	1300	1720
17	648	902
18	350	450
20	1810	3130
21	710	1260

➤ Analisa Grafik (4-1) dengan menggunakan kendala-kendala tabel (4.6.) dan (4.16.)

1. Yang termurah pertama pada bus 21 (bus PLTU Tanjung Jati) dengan biaya *incremental* sebesar Rp. 229.030/KWh output daya aktif pembangkit dioptimasi dari 1.204 MW ke batas maksimal 1260 MW.
2. Yang kedua pada bus 18 (bus PLTGU Grati) dengan biaya *incremental* sebesar Rp. 683/KWh output daya aktif pembangkit dioptimasi dari 396 MW ke batas maksimal 450 MW.
3. Yang ketiga pada bus 20 (bus PLTU Paiton) dengan biaya *incremental* Rp. 687/KWh output daya aktif pembangkit dioptimasi dari 2.472 MW ke 1.909,99 MW pada PLTU Paiton ini mengalami optimasi penurunan pembangkitan dikarenakan disesuaikan kebutuhan pembangkitan dan setelah batas optimasi pembangkitan didapat maka harga selanjutnya dianggap mahal sehingga mengalami optimasi penurunan pembangkitan output daya aktif pembangkit.
4. Yang keempat pada bus 1 (bus PLTU Suralaya) dengan biaya *incremental* sebesar Rp. 801,605/KWh pada pembangkit ini adalah bus referensi dimana bus referensi adalah bus pembangkit yang apabila pada bus-bus pembangkitan yang lain dalam keadaan operasi mengalami pengurangan pembangkitan maka bus referensi ini yang akan memikul bebannya dimana output daya aktif pembangkit sebelum optimasi 3.374,47 MW dan setelah optimasi bertambah sebesar 3.932,98 MW.

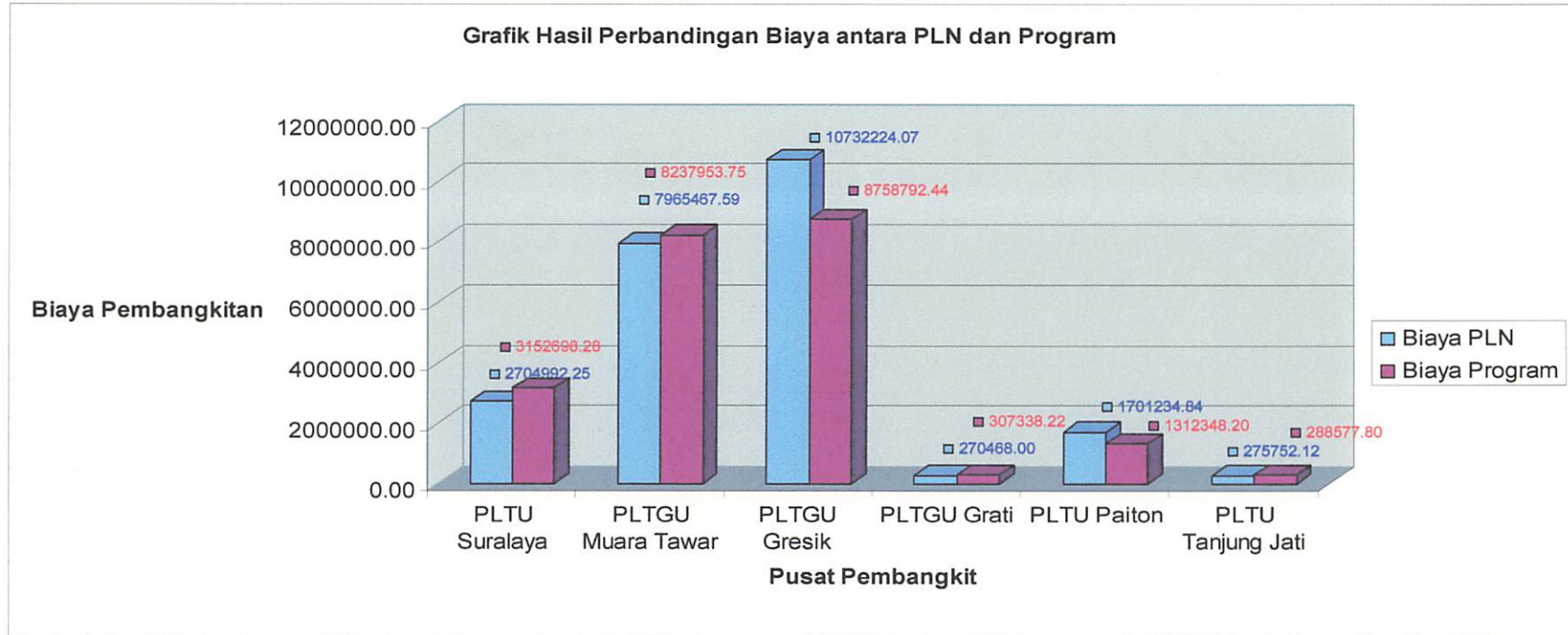
5. Yang kelima pada bus 4 (bus PLTGU Muara Tawar) dengan biaya *incremental* Rp. 6.336,887/KWh output daya aktif pembangkit dioptimasi dari 1.257MW ke 1.300MW pada PLTGU Muara Tawar ini mengalami optimasi kenaikan pada hal pada bus 20 dengan biaya *incremental* yang lebih murah itu dikarenakan pada bus ini dengan pembangkitan pada bus 4 kurang dari batas minimum pembangkitan untuk mengatasi kendala tersebut maka pada bus 4 dioptimasi sampai batas minimum sampai 1.300 MW pembangkitan.
6. Yang ketiga pada bus 17 (bus PLTGU Gresik) dengan biaya *incremental* Rp. 13.516,655/KWh output daya aktif pembangkit dioptimasi dari 794 MW ke 648 MW pada PLTGU Gresik ini mengalami optimasi penurunan pembangkitan dikarenakan disesuaikan kebutuhan pembangkitan dan setelah batas optimasi pembangkitan didapat maka harga selanjutnya dianggap mahal sehingga mengalami optimasi penurunanan pembangkitan output daya aktif pembangkit.

Dari hasil analisa ini sehingga didapat tampilan grafik (4-1) diatas.

2. Hasil grafik perbandingan biaya pembangkitan sebelum dan sesudah optimasi antara PLN dan program

Grafik 4-2.

Tampilan Hasil Grafik Perbandingan Biaya Harga Pembangkitan Sebelum Dan Sesudah Optimasi Antara PLN Dan Program

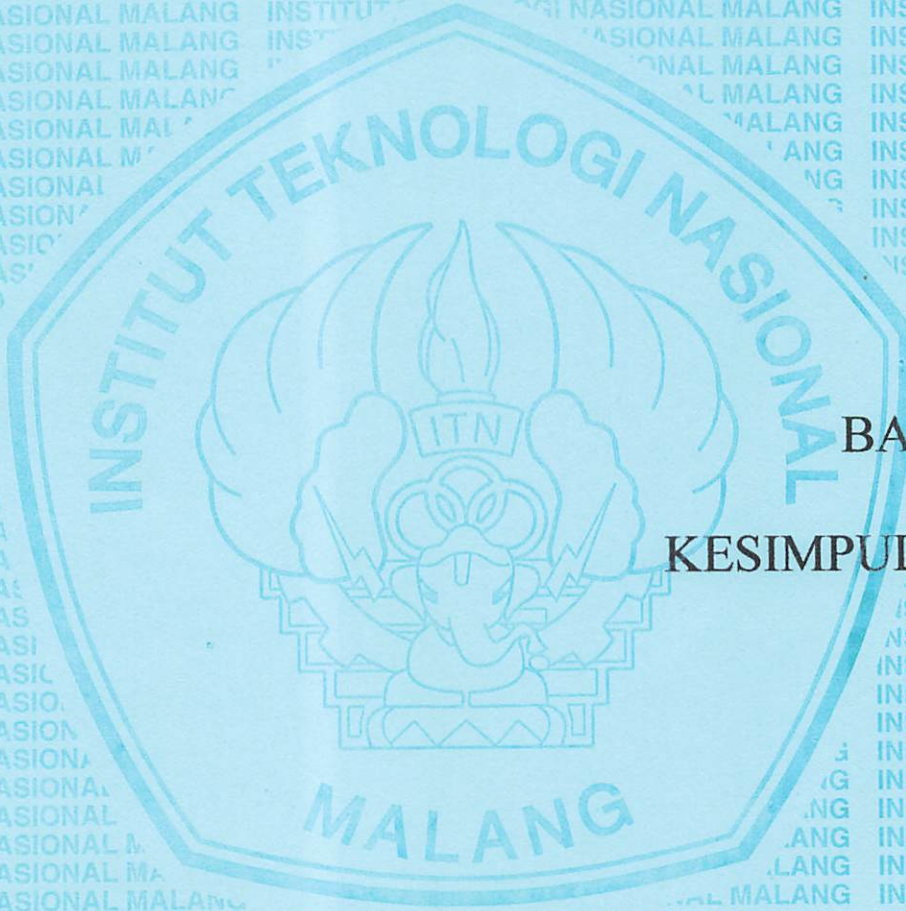


Pada grafik (4-2). Diatas grafik tersebut didapat dari hasil grafik (4-1). Atau data analisa sebelum dan sesudah optimasi pada tabel (4.10). Dimana output daya aktif sebelum dan sesudah optimasi dikali dengan harga biaya *incremental* pembangkitan yang dianggap konstan untuk memperoleh hasil biaya optimasi dimana:

➤ Analisa grafik (4-2)

1. Biaya pembangkitan bus PLTU Suralaya (bus 1) sebelum optimasi didapat Rp. 2.704.992,251,- setelah optimasi didapat 3.152.698,280,-
2. Biaya pembangkitan bus Muara Tawar (bus 4) sebelum optimasi didapat Rp. 7.965.467,587,- setelah optimasi didapat 8.237.953,750,-
3. Biaya pembangkitan bus PLTGU Gresik (bus 17) sebelum optimasi didapat Rp. 10.732.224,070,- setelah optimasi didapat 8.758.792,440,-
4. Biaya pembangkitan bus PLTGU Grati (bus 18) sebelum optimasi didapat Rp. 270.468,000,- setelah optimasi didapat 307.350,000,-
5. Biaya pembangkitan bus PLTU Paiton (bus 20) sebelum optimasi didapat Rp. 1.701.234,840,- setelah optimasi didapat 1.312.336,610,-
6. Biaya pembangkitan bus PLTU Tanjung Jati (bus 21) sebelum optimasi didapat Rp. 275.752,120,- setelah optimasi didapat 288.577,800,-

Dimana hasil optimasi didapat dengan menjumlah biaya pembangkitan sebelum optimasi dan menjumlah biaya pembangkitan sesudah optimasi sehingga dapat diambil selisih harga pembangkitan setelah optimasi dikurangi sebelum optimasi.



BAB V KESIMPULAN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

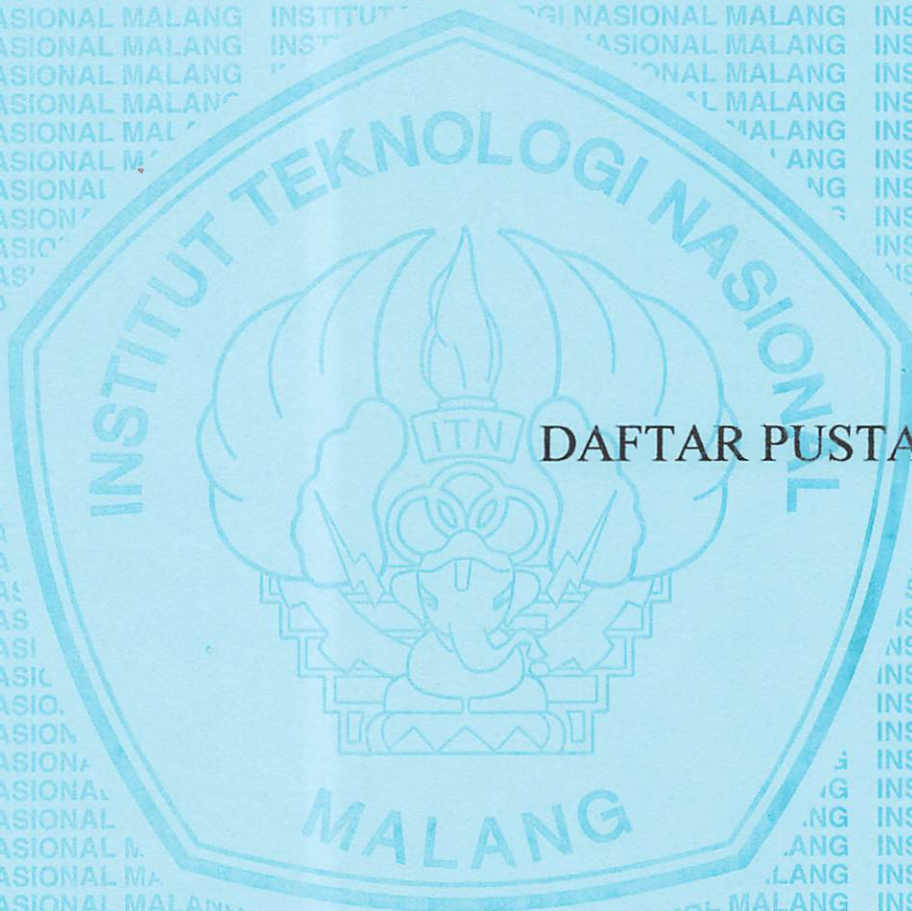
5.1. Kesimpulan

1. Dengan penggunaan program Matlab 7.0.4. dengan menggunakan komputer dengan spesifikasi : Intel (R), Pentium (R) 4 CPU 2.40 GHz, 496 MB of Ram Waktu perhitungan komputasi ini membutuhkan waktu 0,21875 detik dengan validasi program dengan *error* sebesar 0,0281% atau didapatkan *error* sebesar 0,000281 dengan *error* demikian. dengan batas toleransi galat relatif sebesar 0,003 dan toleransi galat mutlak sebesar 0,00001 sehingga metode ini layak untuk di gunakan.
2. Dari optimasi pembangkit ini kita dapat menekan biaya pembangkitan maupun penyaluran yang optimum dimana biaya awal dari pembangkitan Jawa-Bali sebelum dioptimasi didapat harga sebesar Rp. 23.650.138,869,- dan setelah dioptimasi didapat harga sebesar Rp. 22.057.708,880,- sehingga selisih optimasi sebesar Rp. 1.592.429,989,- atau dimana hasil optimasi dengan menggunakan metode *linear programming* didapat 6,733% optimasi dari hasil biaya sebelumnya.
3. Dan pada saluran transmisi setelah dilakukan batas-batas penyaluran dan batas termal dari saluran transmisi didapat dimana rugi-rugi saluran sebelum optimasi 75,470284 MW dan setelah optimasi 74,974606 MW selisih optimasi didapat 0,495678 Atau dalam % didapat 0,658 %.
4. Perbandingan sebelum dan sesudah optimasi dalam persen ini diperoleh dari selisih optimasi dibagi sebelum optimasi dikali 100 %, Sehingga didapat :

1. Optimasi biaya pembangkitan sebesar 6,733%.
2. Optimasi rugi-rugi saluran transmisi sebesar 0,658%.

5.2 Saran Saran

- ❖ Penggunaan metode *linear programming* untuk menyelesaikan masalah *economic dispatch* pada pembangkitan Jawa-Bali dengan transmisi 500 kV masih perlu dikembangkan lagi terhadap sistem jaringan yang lebih luas sehingga nantinya dapat digunakan secara efektif dan efisien dalam memecahkan *economic dispatch* dengan memperhitungkan rugi-rugi transmisi.



DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Djiteng Marsudi, Ir., "Operasi Sistem Tenaga Listrik", ISTN 1990.
- [2]. Allan J Wood and Wollenberg B.F. "*Power Generation, Operation, and Control*", John Wiley & Sons, Inc., 1996.
- [3]. William D. Stevenson, Jr. "Analisis Sistem Tenaga Listrik", *professor of Electrical Engineering, Emeritus Nort Carolina State University*", IKAPI 1993.
- [4]. Tutorial Matlab 7.0.4.
- [5]. *Hand Book PLN P3B Pusat* " , Rencana Operasi 2006
- [6]. Jurnal", Prosiding semiloka teknologi simulasi dan komputasi serta aplikasi "*Metode Programming Linier Untuk Menyelesaikan Problem Pembangkitan Ekonomis Pada Sistem Tenaga Listrik*", Hamzah Hilal 2005.
- [7]. Makalah Skripsi " , "*Analisa Economic Dispatch Dengan Memperhitungkan losses Transmisi Menggunakan Algoritma Separable Approximation Dynamic Programming pada sub Sistem Paiton –Bali*", Bayu Christanto, 2006.
- [8]. Makalah Skripsi " , "*Studi Kendali Terkoordinasi Peralatan Fach Berbasis Optimal Power Flow (OPF) pada Saluran Transmisi 500 kV Jawa-Bali*", Md. Adi Surya Antara, 2006.

METODE PROGRAMMING LINIER UNTUK MENYELESAIKAN PROBLEM PEMBANGKITAN EKONOMIS PADA SISTEM TENAGA LISTRIK

Hamzah Hilal

Direktorat P3TPSE, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
Jl. M.H. Thamrin No. 8 Gedung II, lantai 19

Abstract

A practical and reliable algorithm is developed for solving the economic dispatch problem. A dc load flow approximation is used to formulate line security limits as linear inequality constraints on the generator outputs. The problem is solved by using linear programming technique. The solution includes the changing system load. The proposed method is easy to use, the process of active power optimisation formulation is simple and straightforward. A 275/132 kV system of 23 busbars, 30 lines, supplied by 24 generators demonstrates the feasibility of this approach.

Kata kunci: Optimasi, programming linier, pembangkitan tenaga listrik

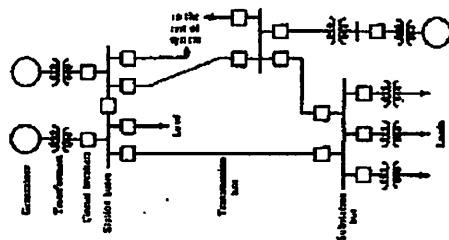
1. INTRODUCTION

Suatu pertumbuhan energi yang cukup besar disuplai dalam bentuk energi listrik, karena listrik menyediakan bentuk tenaga yang sangat menyenangkan untuk penerangan, daya penggerak berbagai jenis beban dan sejumlah aplikasi penggunaan lainnya. Umumnya sangat ekonomis menggunakan bentuk energi ini untuk tenaga. Keuntungan lainnya adalah kebersihan dan mudahnya dalam pengontrolan.

Konsumsi energi listrik pertahun meningkat secara drastis di seluruh penjuru dunia. Standar kehidupan suatu negara dalam hal tertentu terkait dengan tingkat pemakaian listriknya. Industrialisasi yang cepat memungkinkan terjadi bila tenaga listrik yang murah tersedia. Karena itu, metode untuk memproduksi dan mendistribusikan tenaga listrik secara ekonomis sedang dipelajari secara intensif oleh peneliti-peneliti yang berkecimpung dalam persoalan ini.

Untuk memahami problem pembangkitan ekonomis suatu sistem tenaga listrik, maka terlebih dahulu pemahaman mengenai definisi sistem tenaga listrik penting dikemukakan. Gambar 1 menunjukkan suatu model konseptual dari suatu sistem tenaga listrik. Komponen-komponen utama adalah pembangkit (power plant), jaringan transmisi dan distribusi, dan pusat-pusat beban. Jenis pembangkit yang menjadi perhatian disini adalah pusat-pusat pembangkit besar dimana bahan bakar fosil, tenaga air dikonversi menjadi energi listrik dengan bantuan unit turbin-

generator ukuran besar. Biasanya pembangkit-pembangkit jenis ini ditempatkan pada lokasi yang ditentukan oleh ketersediaan transportasi bahan bakar, air pendingin, bendungan air, masalah lingkungan atau pertimbangan fisik lainnya. Ini mengartikan bahwa lokasi pembangkit-pembangkit biasanya berjauhan dengan pusat-pusat beban.



Gambar 1. Bagian utama suatu sistem tenaga listrik

Beban-beban pada permasalahan ini adalah pusat-pusat distribusi tenaga listrik dimana tenaga listrik dapat dikirim kepada konsumen dengan jaringan yang bertegangan lebih rendah. Beban mungkin dapat berupa daerah perkotaan, pusat komersial atau kompleks industri. Disini, beban direpresentasikan sebagai pusat suplai yang disebut gardu induk.

Jaringan transmisi mempunyai fungsi menginterkoneksi sistem supaya terjadi pertukaran energi. Distribusi membentuk suatu jaringan dimana tenaga listrik didistribusikan ke berbagai konsumen dengan tegangan distribusi.

Suatu sistem tenaga akan menjadi rumit jika sistem tersebut terdiri atas sejumlah pembangkit

dengan berbagai jenis yang terinterkoneksi oleh suatu jaringan transmisi dan jaringan distribusi untuk mensuplai berbagai jenis beban yang berbeda dari berbagai konsumen. Namun demikian, tenaga listrik yang disuplai ke terminal-terminal konsumen haruslah:

- a. Kemungkinan harga minimum.
- b. Kemungkinan keandalan maksimum (seperti ketersediaan suplai maksimum yang dicapai dengan kemungkinan keamanan suplai maksimum).
- c. Kualitas yang cocok seperti tegangan seharusnya berada di antara batas tertentu.

Untuk mencapai biaya minimum yang diperlukan untuk memberikan keamanan yang cukup dalam mensuplai tenaga listrik sekaligus memberikan regulasi tegangan dan kestabilan frekwensi yang cocok, maka diperlukan suatu penjadwalan output pembangkit untuk menjaga agar tetap sama dengan jumlah beban yang ada pada sistem termasuk losses karena interkoneksi. Karena itu problem pembangkitan menjadi sangat penting untuk diperhatikan.

2. METODE PENYELESAIAN PEMBANGKITAN EKONOMIS

Sejumlah teknik telah dicoba untuk menyelesaikan persoalan pembangkitan ekonomis sistem tenaga listrik. Metode pembangkitan dengan urutan prioritas melakukan peringkatan pembangkit berdasarkan urutan yang disukai. Sebagai contoh, pembangkit dapat diurut sesuai dengan urutan biaya pemakaian bahan bakarnya (\$/MWh) mulai dari yang paling murah. Urutan yang dipilih dapat dimodifikasi untuk melakukan koreksi karena keselamatan, losses sistem, dan lain-lain. Dalam penggunaan urutan ini, pengatur akan menimbang kebutuhan yaitu jumlah keseluruhan kebutuhan beban perjam ditambah dengan cadangan yang diperlukan, dan membangkitkan tenaga pada generator sesuai dengan urutan prioritas dengan kapasitas yang cukup dengan besar kebutuhan. Untuk penghentian pembangkitan sejumlah kapasitas, maka dipilih urutan pembangkitan yang paling mahal.

Suatu metode iterasi untuk menghitung pembangkitan pada pembangkit yang terkait dengan komputasi sangat cepat telah memperoleh perhatian yang sangat atraktif. Disini, fungsi biaya diminimasi melalui penyesuaian variable-variabel dengan syarat bahwa kendala-kendala persamaan dan pertidaksamaan juga terpenuhi. Solusi dari problem optimasi seperti ini merupakan bagian

dari suatu cabang matematik yang disebut dengan programming matematik.

Terdapat berbagai solusi yang menimbang programming matematik dalam menyelesaikan pembangkitan ekonomis sistem tenaga listrik. Solusi eksak dari problem pembangkitan ekonomis dilakukan dengan pendekatan programming nonlinier, tetapi pendekatan ini didapati sebagai tidak populer karena lambatnya dalam konvergensi, kebutuhan titik awal yang sesuai dan kadang-kadang komptutasi tidak andal. Pendekatan programming linier atraktif karena kecepatannya dalam mencapai konvergensi komputasi yang andal dan kokoh (robust).

Makalah ini mempresentasikan algoritma yang praktis dan andal yang dikembangkan untuk menyelesaikan problem pembangkitan ekonomis system tenaga listrik untuk meminimasi biaya pembangkitan dengan tetap memenuhi kebutuhan beban yang ada sekaligus memenuhi persyaratan berbagai kendala.

3. FORMULASI PERMASALAHAN

Dalam suatu sistem dimana sejumlah pembangkit yang beroperasi secara paralel dan terinterkoneksi melalui sistem jaringan transmisi, penyertaan analisis aliran daya harus ditimbang dalam studi keekonomian.

Jika incremental biaya pembangkit adalah konstan, biaya pembangkitan sistem akan merupakan suatu fungsi linier dari daya aktif individu pembangkit dan sangat mungkin mengekspresikan problem pembangkitan ekonomis sebagai suatu problem linier. Kendala-kendala akan berupa kapasitas total yang dibutuhkan, karakteristik pengoperasian pembangkit (generator), linieritas model dc, batas daya yang mengalir pada jaringan.

Tujuan utama dari pembangkitan ekonomis adalah menentukan pembangkitan daya aktif dengan biaya pegoperasian yang minimum ketika pembangkitan berubah untuk memenuhi kebutuhan beban pada jaringan dengan m simpul. Kriteria keselamatan dibuat berupa daya yang mengalir dalam rangkaian (saluran) tidak melebihi batas kemampuan penyaluran oleh semua jaringan yang tersedia. Prosedurnya adalah mengekspresikan aliran daya dalam fungsi output pembangkit, dengan menggunakan kendala-kendala di atas yang akan meminimasi biaya pembangkitan.

Cara membentuk suatu programming linier untuk menyelesaikan problem pembangkitan adalah membuat suatu bentuk fungsi tujuan (objective function) dan kendala-kendala persamaan dan pertidaksamaan sistem tenaga



yang merefleksikan persyaratan pengoperasian sistem.

3.1. Objective Function

Dalam suatu sistem tenaga dengan sejumlah n pembangkit (generator), biaya total pembangkitan diberikan oleh:

$$F = \sum_{j=1}^n c_j P_{gj}, \quad (1)$$

dimana:

c_j = incremental biaya pembangkit,
 P_{gj} = output daya aktif pembangkit,
 n = jumlah unit pembangkit,

dan disini diasumsikan bahwa biaya pembangkitan merupakan fungsi output daya aktif yang dibangkitkan (P_{gj}).

Tujuan dari permasalahan adalah meminimasi persamaan (1) dan secara simultan memenuhi suatu kumpulan kendala-kendala pengoperasian.

3.2. Kendala-Kendala Pengoperasian

Sekarang, sejumlah pembatasan pengoperasian harus ditimbang untuk mendapatkan suatu kumpulan variabel daya aktif P_{gj} yang akan meminimasi fungsi biaya (1).

3.2.1. Kendala keseimbangan daya

Dalam kondisi keadaan mantap (steady state), terdapat suatu keseimbangan daya aktif yaitu:

$$\sum_{j=1}^n P_{gj} - \sum_{i=1}^m P_{di} = 0, \quad (2)$$

dimana:

P_{di} = kebutuhan beban pada rel,
 m = jumlah rel.

Asalkan semua incremental biaya pembangkit positif, persamaan (2) dapat diganti dengan suatu pertidaksamaan berikut:

$$\sum_{j=1}^n P_{gj} - \sum_{i=1}^m P_{di} \geq 0, \quad (3)$$

atau,

$$\sum_{j=1}^n P_{gj} \geq \sum_{i=1}^m P_{di}, \quad (4)$$

tanpa mempengaruhi solusi optimum.

3.2.2. Kendala pembangkit

Minimasi biaya dilaksanakan melalui penyesuaian dalam nilai variabel kontrol. Penyesuaian ini dibatasi dalam batas yang dispesifikasi yang didasarkan pada pertimbangan

enjinering dari individu pembangkit. Karena itu, pembangkitan daya aktif dari masing-masing unit dibatasi antara batas bawah dan batas atas dari kemampuan operasional atau dapat ditulis sebagai berikut

$$P_{gj}^{\min} \leq P_{gj} \leq P_{gj}^{\max}, \quad (5)$$

untuk $j = 1, 2, \dots, n$, dimana:

$P_{gj}^{\min}, P_{gj}^{\max}$ = masing-masing menyatakan batas pembangkitan bawah dan atas.

Batas atas P_g^{\max} , terkait dengan kapasitas

termal stator dari pembangkit. Batas bawah P_g^{\min} , disebabkan oleh pertimbangan termal boiler yang memproduksi uap untuk menggerakkan turbin pada pembangkit fosil, dan lain-lain.

3.2.3. Kendala keselamatan

Untuk setiap saluran transmisi, terdapat suatu batas atas dari daya yang dapat disalurkan dengan baik. Batas ini ditentukan oleh kapasitas termal saluran atau transformator yang terhubung atau mungkin ditentukan oleh karena pertimbangan keselamatan. Karena itu, batas pembebanan saluran transmisi mengambil bentuk kendala-kendala pada daya yang mengalir pada cabang-cabang. Dengan mendefinisikan aliran saluran sebagai positif pada suatu arah tertentu, maka ekspresi kendala dapat ditulis sebagai berikut:

$$P^{\min} \leq P \leq P^{\max}, \quad (6)$$

dimana:

P^{\max}, P^{\min} = masing-masing menyatakan batas pembebanan atas dan bawah saluran,

P = aliran daya aktif pada saluran.

Dengan menggunakan aproksimasi aliran beban dc dan dengan melakukan beberapa manipulasi aljabar, batas keselamatan saluran pada persamaan (6) dapat ditulis sebagai kendala-kendala pertidaksamaan linier dari variabel P_g :

$$P^{\min} \leq E(D^T P_g - P_d) < P^{\max} \quad (7)$$

atau:

$$P^{\min} + EP_d \leq ED^T P_g \leq P^{\max} + EP_d \quad (8)$$

dimana:

$$E = BV_p' Z'$$

B = matriks diagonal $l \times l$ dari suseptansi saluran,

L = jumlah saluran,

V_p' = matriks koneksi $l \times m$ dari komponen tegangan fase rel,

Z' = inversi matriks admittansi simpul Y_i

D = matriks koneksi generator $n \times m$.

Penyederhanaan selanjutnya dilakukan dengan mentransformasikan variabel kontrol P_{gj} ke P'_{gj} dimana:

$$P'_{gj} = P_{gj} - P_{gj}^{\min} \quad (9)$$

Kendala pada persamaan (5) menjadi:

$$0 \leq P'_{gj} \leq P_{gj}^{ul} \quad (10)$$

dimana:

$$P_{gj}^{ul} = P_{gj}^{\max} - P_{gj}^{\min}$$

Kebutuhan beban pada rel dapat ditulis sebagai berikut:

$$P'_{di} = P_{di} - \sum_{j \in UP(i)} P_{gj}^{\min} \quad (11)$$

untuk $i = 1, 2, \dots, m$, dan:

$UP(i)$ = kumpulan indeks dari pembangkit-pembangkit yang terhubung ke rel i .

Fungsi tujuan (objective function) sekarang dapat didefinisikan ulang sebagai berikut:

$$F' = F - \sum_{j=1}^n c_j P_{gj}^{\min} \quad (12)$$

atau:

$$F' = \sum_{j=1}^n c_j P'_{gj} \quad (13)$$

Dengan demikian, model programming linier dapat diekspresikan sebagai berikut:
Minimasi:

$$F' = \sum_{j=1}^n c_j P'_{gj} \quad (14)$$

dengan memenuhi kendala-kendala:

$$\sum_{j=1}^n P'_{gj} \geq \sum_{i=1}^m P'_{di} \quad (15)$$

$$P'_{gj} \leq P_{gj}^{ul} \quad (16)$$

$$P^{\min} + EP'_d \leq ED^T P'_g \leq P^{\max} + EP'_d \quad (17)$$

Formulasi di atas dapat diselesaikan dengan menggunakan programming linier standar seperti metode simplex untuk menyelesaikan apakah secara model programming linier primal atau dual.

Dengan mengatur kembali persamaan-persamaan (14)-(17), model programming linier primal dapat diekspresikan sebagai berikut:

Tentukan nilai non-negatif dari $P'_{gj} \geq 0$ yang meminimasi fungsi tujuan:

$$F' = \sum_{j=1}^n c_j P'_{gj} \quad (18)$$

dan memenuhi kendala-kendala:

$$\sum_{j=1}^n P'_{gj} \geq \sum_{i=1}^m P'_{di} \quad (19)$$

$$-P'_g \geq -P_g^{ul} \quad (20)$$

$$-ED^T P'_g \geq -P^{\max} - EP'_d \quad (21)$$

$$ED^T P'_g \geq P^{\min} + EP'_d \quad (22)$$

Kelihatan bahwa terdapat sejumlah $2l+n+1$ kendala-kendala yang perlu dipenuhi. Dengan nilai optimum P'_{gj} yang diperoleh, pembangkitan output daya generator (P_{gj}), biaya total (F) dan aliran daya optimum pada saluran (P) dapat diperoleh dengan menggunakan ekspresi berikut:

$$P_{gj} = P'_{gj} + P_{gj}^{\min} \quad (23)$$

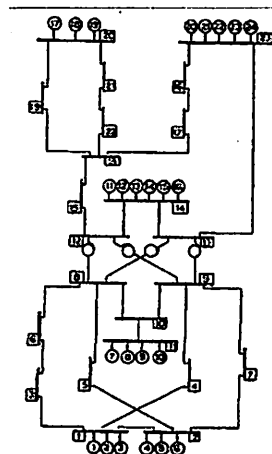
$$F = F' + \sum_{j=1}^n c_j P_{gj}^{\min} \quad (24)$$

$$P = -BV'_p V'_q \quad (25)$$

$$V'_q = -Z'(D^T P'_g - P'_d) \quad (26)$$

4. APLIKASI ALGORITMA

Suatu sample sistem tenaga listrik, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2, terdiri atas 23 rel, 30 saluran transmisi termasuk transformator dan disuplai oleh 24 pembangkit ditimbang. Data sistem diberikan pada tabel (1)-(3).



Gambar 2 Diagram garis sample sistem

Suatu program komputer yang mengimplementasikan algoritma yang diusulkan disiapkan dan dioperasikan pada komputer pribadi (personal computer) untuk menguji metode yang dikembangkan pada sistem tenaga yang disebutkan di atas

Algoritma programming linier diselesaikan oleh satu routine yang tersedia pada Fortran Power Station. Solusi optimum dari output daya aktif pembangkit ditunjukkan pada tabel (4). Dari pembebanan pembangkit yang diperoleh, aliran daya optimum dihitung dan hasilnya dapat dilihat pada tabel (5).

5. KESIMPULAN

Suatu kebutuhan beban yang diberikan dapat dipenuhi oleh sejumlah konfigurasi output pembangkit yang takterhingga. Karena itu sangat penting untuk memutuskan suatu konfigurasi yang paling baik atau suatu strategi pengoperasian yang optimum. Pada makalah ini, suatu metode dalam menentukan output daya aktif pembangkit dari suatu sistem yang terinterkoneksi rumit telah dipresentasikan. Pembangkitan ekonomis diselesaikan secara sukses dengan menggunakan pendekatan programming linier. Metode yang diusulkan sangat sederhana dan mudah diaplikasi sebagai suatu alat untuk membantu operator sistem memperbaiki pengoperasiannya sekaligus meminimasi biaya pengoperasian sistem pembangkitan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chan, S.M., and Yip, E.: 'A Solution of the Transmission Limited Dispatch Problem by Sparse Linear Programming', IEEE Trans., 1979, PAS-98, pp.1044-1053.
- [2] Dommel, H.W., and Tinney, W.F.: 'Optimal Power Flow Solution', IEEE Trans., 1968, PAS-87, pp. 1866-1876.
- [3] Happ, H.H.: 'Optimal Power Dispatch - A Comprehensive Survey', IEEE Trans., 1977, PAS-96, pp.841-854.
- [4] Hilal, H., 'Optimal Active Power Rescheduling with Line Flow Constraints and Generator Rate of Loading', MSc. Thesis, Dep. Of EEE, University of Strathclyde, UK., 1988.
- [5] Kirchmayer, L.K.: 'Economic Operation of Power Systems', Wiley, New York, 1958.
- [6] Pai, M.A., and Paranjothi, SR.: 'Optimal Power Flow with Security Constraints using Successive Linear Programming', IEEE PES Summer meeting, 1975.
- [7] Sasson, A.M.: 'Nonlinear Programming Solution for Load Flow, Minimum-loss, and Economic Dispatching Problems', IEEE Trans., 1969, PAS-88, pp. 399-409.
- [8] Stott, B, and Marinho, J.L.: 'Linear Programming for Power System Network Security Applications', IEEE Trans 1979, PAS-98, pp. 837-848.
- [9] Van de Panne, C.: 'Linear Programming and Related techniques', North Holland Publishing Company, 1971.
- [10] Wood, A.J., and Wollenberg, B.F.: 'Power Generation Operation and Control', John Wiley and Sons, 1984.

Riwayat Penulis



Hamzah Hilal, lahir di Sidenreng Rappang (Sulawesi Selatan) pada tanggal 30 November 1958. Lulus jurusan Teknik Elektro, Universitas Hasanuddin Ujung Pandang pada tahun 1982, dan sekaligus pada tahun tersebut menjadi karyawan pada Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, kemudian pada tahun 1988 mendapat gelar MSc bidang Electrical Power Engineering, University of Strathclyde, Inggris. Pada tahun 1992 mendapat gelar Doctor bidang Power Engineering, University of Strathclyde, Inggris. Pada periode tahun 1992-1998 menjabat sebagai Direktur Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi, BPPT. Pada tahun 1993 memulai kariernya sebagai peneliti bidang Analisis Pemanfaatan Energi dan Sistem Tenaga Listrik. Pada tahun 1995 menjadi staf pengajar pada Universitas Mercu Buana, Jakarta. Pada tahun 1997 menjadi staf pengajar pasca sarjana di Universitas Hasanuddin, Ujung Pandang, serta staf pengajar pasca sarjana di ISTN Jakarta sejak tahun 1999. Aktif pada Masyarakat Ketenagalistrikan Indonesia, dan Asosiasi Panasbumi Indonesia. Tahun 1993-1998 menjadi anggota IEEE.

Tabel 1. Data saluran transmisi

Saluran	Konek.-rel	R (p.u)	X (p.u)	B (p.u)	Batas pembebanan saluran
					PL (pu)
1	1-3	0.0242	0.0540	0.0118	2.42
2	1-4	0.0309	0.0693	0.0151	3.09
3	2-5	0.0404	888	0.0197	4.04
4	8-5	0.0325	0.0709	0.0157	3.25
5	2-7	0.0615	0.1620	0.0342	6.15
6	3-6	0.0576	0.1520	0.0320	5.76
7	4-9	0.0266	0.0700	0.0148	2.66
8	9-7	0.0229	0.0504	0.0112	2.29
9	8-6	0.0446	0.1003	0.0218	4.46
10	11-10	0.0233	0.0514	0.0456	9.32
11	8-10	0.0597	0.1315	0.0291	5.97
12	9-10	0.0597	0.1315	0.0291	5.97
13	13-14	0.0043	0.0351	0.2373	16.53
14	14-12	0.0043	0.0351	0.2373	16.53
15	15-12	0.0038	0.0307	0.2078	14.61
16	18-15	0.0035	0.0288	0.1951	13.45
17	23-13	0.0089	0.0720	0.4871	34.21
18	16-17	0.0010	0.0080	0.0543	3.84
19	17-18	0.0021	0.0167	0.1133	8.07
20	19-18	0.0016	0.0127	0.0862	6.15
21	20-19	0.0045	0.0362	0.2451	17.30
22	22-18	0.0024	0.0192	0.1298	9.23
23	20-21	0.0019	0.0156	0.1056	7.30
24	21-22	0.0014	0.0114	0.0770	5.38
25	23-16	0.0020	0.0164	0.1109	7.69
26	12-8	0.0023	0.0839	0.0000	0.55
27	13-8	0.0023	0.0839	0.0000	0.55
28	12-9	0.00185	0.1300	0.0000	0.60
29	13-9	0.0023	0.0839	0.0000	0.55
30	1-2	0.0025	0.2000	0.0000	0.20

Tabel 2. Data pembangkit (generator)

Generator	Koneksi-rel	P_{ϵ}^{\min}	P_{ϵ}^{\max}	Incremental biaya
		(MW)	(MW)	£/MWh
1	1	15	61	3.22
2	1	15	61	3.22
3	1	15	61	3.22
4	2	15	61	3.22
5	2	30	61	2.20
6	2	30	61	2.20
7	11	43	58	2.16
8	11	43	59	2.19
9	11	43	59	2.17
10	11	43	59	2.14
11	14	83	83	0.85
12	14	83	83	0.85
13	14	83	83	0.85
14	14	83	83	0.85
15	14	83	83	0.85
16	14	83	83	0.85
17	20	22	112	1.71
18	20	135	334	1.42
19	20	143	357	1.21
20	23	22	112	1.67
21	23	22	112	1.71
22	23	22	112	1.67
23	23	135	334	1.35
24	23	143	358	1.15

Tabel 3 Data kebutuhan beban

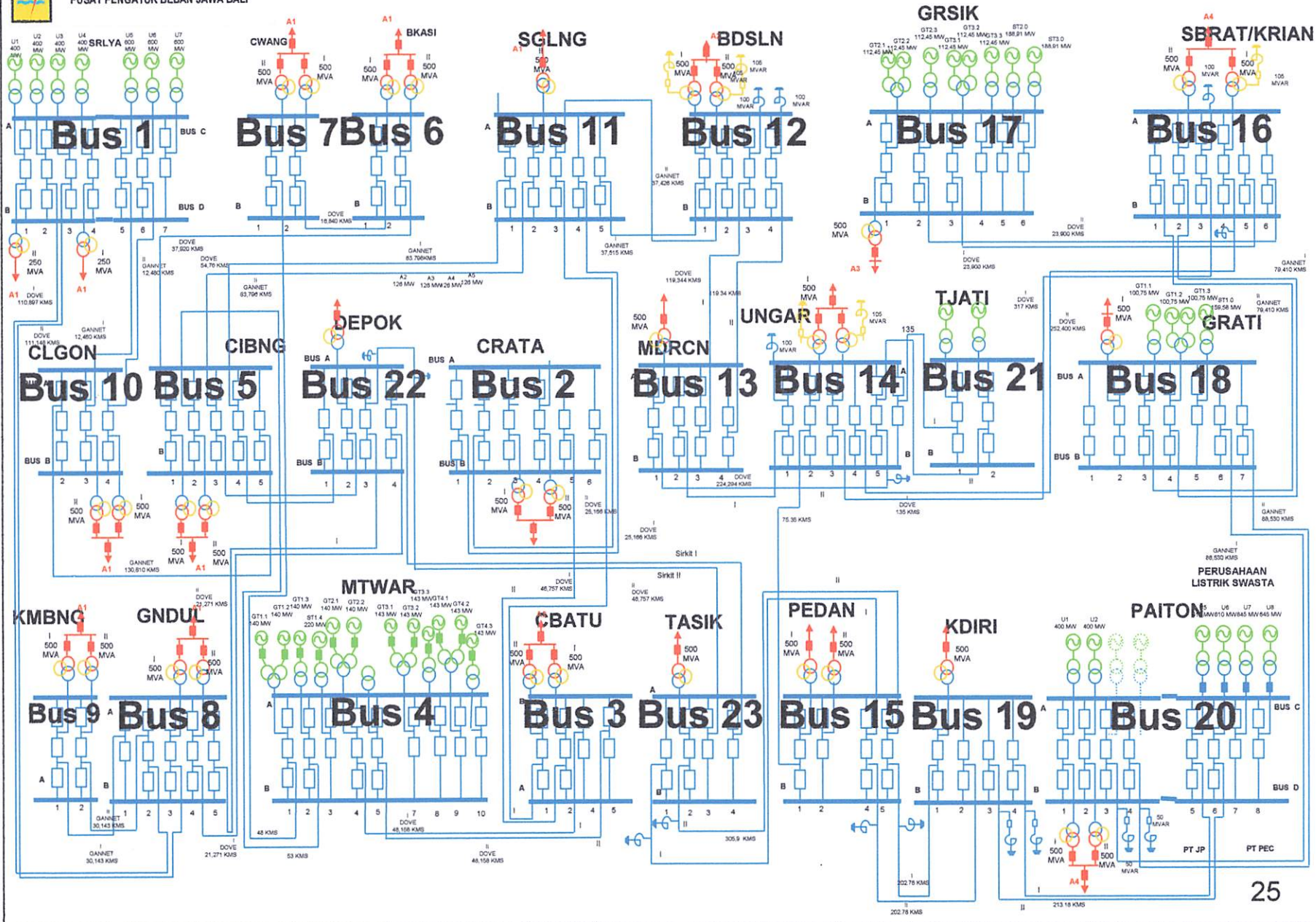
Rel	Tegangan nominal (kV)	Beban Sistem	
		MW	MVA _r
1	132	64	16
2	132	101	2
3	132	0	0
4	132	47	12
5	132	51	13
6	132	41	10
7	132	48	12
8	132	1	0
9	132	150	38
10	132	177	44
11	132	130	32
12	275	6	0
13	275	-4	0
14	275	480	120
15	275	201	50
16	275	132	-33
17	275	344	86
18	275	104	26
19	275	376	94
20	275	-100	-25
21	275	375	94
22	275	-210	-52
23	275	129	32
Total		2643	660

Tabel 4 Pembangkitan optimum generator

Gen.	Pembangkitan optimum generator terhadap perubahan daya				
	100%	95%	105%	90%	110%
1	15.000	15.000	15.000	15.000	38.300
2	20.678	15.000	22.269	15.000	61.000
3	15.000	15.000	61.000	15.000	61.000
4	15.000	15.000	15.000	15.000	61.000
5	61.000	43.909	61.000	30.000	61.000
6	61.000	30.000	61.000	30.000	61.000
7	58.000	58.000	58.000	49.748	58.000
8	59.000	59.000	59.000	43.000	59.000
9	59.000	59.000	59.000	43.000	59.000
10	59.000	59.000	59.000	59.000	59.000
11	83.000	83.000	83.000	83.000	83.000
12	83.000	83.000	83.000	83.000	83.000
13	83.000	83.000	83.000	83.000	83.000
14	83.000	83.000	83.000	83.000	83.000
15	83.000	83.000	83.000	83.000	83.000
16	83.000	83.000	83.000	83.000	83.000
17	112.000	112.000	112.000	112.000	112.000
18	334.000	334.000	334.000	334.000	334.000
19	357.000	357.000	357.000	357.000	357.000
20	93.322	22.000	112.000	22.000	112.000
21	22.000	22.000	87.881	22.000	112.000
22	112.000	104.941	112.000	26.953	112.000
23	334.000	334.000	334.000	334.000	334.000
24	358.000	358.000	358.000	358.000	358.000
Biaya total	3752.84	3497.86	4049.932	3249.43	4439.03

Tabel 5 Aliran daya optimum pada saluran

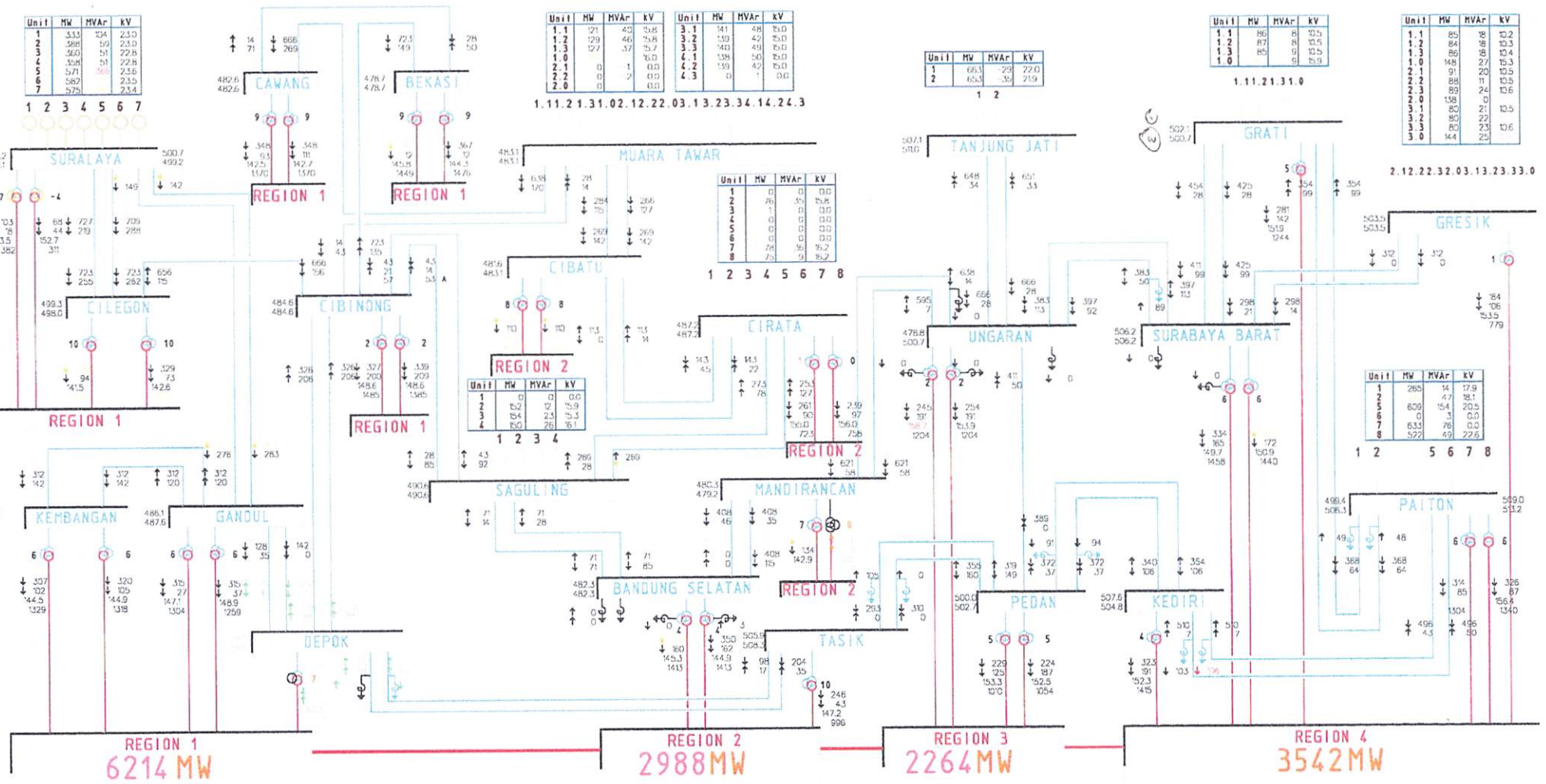
Saluran	Aliran daya optimum terhadap perubahan daya				
	100%	95%	105%	90%	110%
1	-8.435	-11.994	1.997	-11.664	19.649
2	11.371	2.767	33.128	2.589	69.229
3	1.074	-17.724	5.648	-20.753	32.989
4	49.925	66.174	47.900	66.653	23.110
5	18.667	4.110	21.243	1.328	39.932
0	-8.435	-11.994	1.997	-11.664	19.650
7	-35.628	-41.882	-16.221	-39.71	17.529
8	29.332	41.489	29.156	41.872	12.868
9	49.435	50.944	41.052	48.564	25.450
10	105.000	111.500	98.500	77.746	92.000
11	54.973	46.729	62.178	58.546	68.572
12	17.026	9.920	25.171	23.006	34.128
13	33.680	14.633	52.972	-4.398	71.422
14	51.681	56.633	46.972	61.602	41.423
15	91.117	97.350	87.561	103.754	58.449
16	292.117	288.30	298.611	284.654	279.549
17	280.204	263.140	300.770	246.299	286.450
18	378.117	329.851	429.061	281.755	454.450
19	34.117	3.050	67.860	-27.846	76.049
20	34.628	52.401	16.854	70.175	-0.919
21	410.628	409.602	411.655	408.576	412.681
22	327.371	331.648	323.095	335.925	318.819
23	492.370	488.397	496.344	484.424	500.318
24	117.372	132.148	102.595	146.925	87.819
25	510.115	455.249	567.659	400.553	599.648
26	59.811	67.491	55.184	75.366	35.512
27	95.523	97.306	96.997	99.297	82.721
28	76.986	80.792	73.049	84.589	57.760
29	155.000	155.000	155.000	155.000	136.707
30	-16.258	-6,573	-4.057	-3.525	1.021



ALIRAN DAYA 500 KV SISTEM JAWA DAN BALI

14/12/2006 19:00

15008MW



Unil	MW	MVAR	KV
1	333	134	23.0
2	588	159	23.0
3	360	51	22.8
4	328	51	22.8
5	571	365	23.6
6	387	23.5	23.4
7	575	23.4	

Unil	MW	MVAR	KV
1.1	121	42	15.8
1.2	129	46	15.8
1.3	127	37	15.7
1.6	0	1	0.0
2.1	0	0	0.0
2.2	0	0	0.0
2.0	0	0	0.0

Unil	MW	MVAR	KV
1	65.3	29	22.0
2	63.4	35	23.9

Unil	MW	MVAR	KV
1.1	86	8	10.5
1.2	87	8	10.5
1.3	85	9	10.5
1.0	0	0	10.9

Unil	MW	MVAR	KV
1.1	85	8	10.2
1.2	84	8	10.3
1.3	86	8	10.4
1.0	148	27	10.3
2.1	91	20	10.5
2.2	88	11	10.5
2.3	89	24	10.6
2.0	138	0	
3.1	80	21	10.5
3.2	80	22	
3.3	80	23	10.6
3.0	144	25	

Unil	MW	MVAR	KV
1	0	0	0.0
2	76	35	15.8
3	1	0	0.0
4	0	0	0.0
5	0	0	0.0
6	0	0	0.0
7	78	36	16.2
8	75	9	16.2

Unil	MW	MVAR	KV
1	285	14	17.9
2	5	4.7	18.1
3	609	15.4	20.5
4	0	3	0.0
5	633	76	0.0
6	522	49	22.6

REGION 1
6214 MW

REGION 2
2988 MW

REGION 3
2264 MW

REGION 4
3542 MW

14/12/2006 19:00

PETA TEGANGAN DAN FREKUENSI

SURALAYA	506.2	153.5	7	387	CIRATA	487.2	155.0	1	706	GRESIK	503.5	153.5	1	779		
50.065	502.1	152.7	-4	311	50.128	487.2	156.4	0	781	50.049	503.5					
	500.7				SAGULING	490.6				GRATI	502.1	151.9	5	1244		
	499.2				50.049	490.6				50.040	500.7					
CILEGON	499.3	141.5	10	1648	BANDUNG SELATAN	482.3	145.3	4	1413	SURABAYA BARAT	506.2	149.7	6	1458		
50.034	498.0	142.9	10	1626	50.049	482.3	144.9	4	1413	50.065	506.2	150.9	6	1440		
KEMBANGAN	480.2	144.5	6	1329			0	0				0	0			
49.882	481.7	144.9	6	1318			0	-4				-89				
GANDUL	486.1	147.1	6	1313	MANDIRANCAN	480.3	142.9	7	1520	KEDIRI	507.6	152.3	4	1426		
50.049	487.6	148.9	6	1250	50.081	479.2				50.002	504.8					
CIBINONG	484.6	148.6	2	1485	TASIK	505.9	147.2	10	996			-106				
50.112	484.6	148.6	2	1385	0.000	508.3						-103				
BEKASI	478.7	146.1	9	1449			0			PAITON	499.4	157.2	6	1304		
50.097	478.7	144.3	9	1476			105			50.081	506.3	156.4	6	1340		
CAWANG	482.6	142.5	9	1370	UNGERAN	478.8	158.7	2	1204		509.0	-48				
50.034	482.6	142.5	9	1370	50.097	500.7	153.9	2	1195		513.2	-49				
DEPOK	483.0	162.3	7	0			0	0								
0.000	483.0						0	0								
		-93			PEDAN	500.0	153.3	5	1010	KEBASEN	139.6	SUTAMI	134.8	145.9		
		0			50.000	502.7	152.5	5	1054	142.4	NGAWI	145.8	GILIMANUK	140.8		
MUARA TAWAR	483.1						-91			KETERANGAN:						
50.040	483.1						-94			CIANJUR	140.4	STATION	VOLT	VOLT	TAP POS.	AMPER
CIBATU	481.6	139.7	8	1637	TANJUNG JATI	507.1				140.8	FREQ.	BB-1	IBT-1	IBT-1	IBT-1	IBT-1
50.118	483.1	139.7	8	1648	50.057	511.0				MAJENANG	148.8	BB-2	IBT-2	IBT-2	IBT-2	IBT-2
											148.8	BB-3	REACTOR	REACTOR	REACTOR	REACTOR
												BB-4	7R1	7R2	4R1	4R2

PEMBEBANAN UNIT-UNIT PEMBANGKIT

HARI : SENIN, 11 DESEMBER 2006

Jam : 19.00 WIB

TOTAL BEBAN 15,065 MW + j 3,824

Total Region_1 6,214 2,288

Tot.Region_2 1,172 301 Tot.Region_3 2,789 329

Tot.Region_4 4,890 906

Lokasi	#	MW	MVAR	Lokasi	#	MW	MVAR	Lokasi	#	MW	MVAR	Lokasi	#	MW	MVAR	Lokasi	#	MW	MVAR				
PLTA REGION_1		19	0	PLTGU	1.1	120	25	PLTA REGION_2		18	6	PLTA REGION_3		30	1	PLTA REGION_4		17	3	PLTGU	1.1	0	0
PLTU	1	359	120	PRIOK	1.2	0	0	PLTG SRAGI	1	0	0	PLTU TBROK	1	41	12	PLTU GRSIK	1	88	23	GRESIK	1.2	89	14
SRLYA	2	371	60		1.3	107	25		2	0	0		2	41	11		2	88	22		1.3	91	16
	3	367	100		ST1	106	13		3	0	0		3	0	0		3	175	56		ST1	0	0
	4	375	120		2.1	115	27		4	0	0	Total (1,2,3)		82	22		4	182	56		2.1	90	9
	5	579	271		2.2	0	0	Total (1,2,3,4)		0	0	PLTU TJATI	1	645	-40	Total (1,2)		176	45		2.2	83	8
	6	559	267		2.3	98	27	PLTP KMJNG	1	28	6		2	630	-40	Total (3,4)		357	112		2.3	85	6
	7	594	313		ST2	105	26		2	51	13	Total 1,2		1275	-80	PLTU PERAK	3	0	0		ST2	135	29
Total (1,2,3,4)		1472	400		B1	333	63	Total (1,2,3)		130	24	PLTU CLCAP	1	230	31		4	16	10		3.1	83	4
Total (5,6,7)		1732	851		B2	318	80		3	51	5		2	285	50	P.Jawa_PW	5	603	52		3.2	83	3
PLTU MKRNG	1	84	34	Total (B1,B2)		651	143	PLTP DRJAT	1	53	13	Total 1,2		515	81		6	511	81		3.3	82	16
	2	76	37	PLTGU	1.1	0	0	PLTA SGLNG	1	125	15	PLTGU	1.1	103	41	Paiton (PEC)	7	650	98		ST3	138	14
	3	81	41	CLGON	1.2	0	0		2	125	15	TBROK	1.2	101	46		8	311	4		B1	180	30
	4	82	53		1.0	0	0		3	125	35		1.3	104	43	PLTU PITON	1	0	0		B2	392	52
	5	99	77	Total		0	0		4	125	35		ST1	144	42		2	366	66		B3	385	37
Total (1,2,3)		241	112	PLTGU	1.1	89	27	Total (1,2,3,4)		500	100	Total Blok I		451	172	Total (1,2)		366	66	Total (B1,B2,B3)		958	119
Total (4,5)		181	130	MKRNG	1.2	0	0	PLTA CRATA	1	0	0		2.1	0	0	PLTG GRSIK	1	0	0	PLTG GLMNK		120	95
PLTG PRIOK	1	0	0		1.3	93	20		2	74	30		2.2	103	38		2	0	0	PLTG BALI		95	49
	3	0	0		ST1	82	13		3	0	0		2.3	104	38		3			PLTG PMRON		0	0
PLTG MTWAR	3.1	140	13	Total	B1	264	60		4	75	25		ST2	0	0	PLTG GLMUR	1	0	0			0	0
	3.2	137	24	PLTP SALAK	1	50	19		5	0	0	Total (4,5,6)		207	76		2	0	0	PLTD BALI		16	8
	3.3	140	25		2	57	19		6	0	0	Total (B1+B2)		658	249	Total (1,2,3,4,5)		0	0				
	3.0				3	53	16		7	0	0	PLTA MRICA	1	62	20	PLTA STAMI	1	20	14	PLTGU Grati	1.1	91	12
	4.1	139	26	Total		160	54		8	73	35		2	62	19		2	20	14		1.2	90	18
	4.2	138	19	PLTP SALAK	4	61	6	TOTAL (1 - 8)		222	90		3	60	19		3	0	0		1.3	90	17
	4.3	0	0		5	61	4	PLTA JTLHUK		49	34	Total (1,2,3)		185	58	Total (1,2,3)		40	27		ST1	138	27
	4.0				6	61	7	PLTP WYNDU	1	110	23	pltg Cilacap	1	0	0						2.1	99	17
Total		694	107	Total		185	17		2	0	0		2	0	0	Hydro non PLN		48	29		2.2	99	17
PLTG CKRNG	1	14	60	PLTGU	1.1	119	80		3	0	0	Total (1+2)		0	0						2.3	0	0
				M.TAWAR	1.2	129	88	total		110	23					Total hydro		145	59		ST2	0	0
PLTU PRIOK	3	43	0		1.3	125	82	PLTP DRAJAT	1	90	11	PLTP DIENG	1	44	-1					Total Grati		607	108
	4	0	0		ST1	187	84	(Swasta)	2	0	0		2										
					2.1	0	0	Total		90	11												
KDL		0	20		2.2	0	0																
				Total		560	334																
DISTRIBUSI		6413	2547					DISTRIBUSI		2622	983	DISTRIBUSI		2392	916	DISTRIBUSI		3521	1840				



SQP Implementation

The SQP implementation consists of three main stages, which are discussed briefly in the following subsections:

- Updating of the Hessian matrix of the Lagrangian function
- Quadratic programming problem solution
- Line search and merit function calculation

Updating the Hessian Matrix

At each major iteration a positive definite quasi-Newton approximation of the Hessian of the Lagrangian function, H , is calculated using the BFGS method, where $\lambda_i (i = 1, \dots, m)$ is an estimate of the Lagrange multipliers.

$$H_{k+1} = H_k + \frac{q_k q_k^T}{q_k^T s_k} - \frac{H_k^T D_k}{s_k^T H_k s_k} \quad \text{where} \quad (3-27)$$

$$s_k = x_{k+1} - x_k$$

$$q_k = \nabla f(x_{k+1}) + \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \nabla g_i(x_{k+1}) - \left(\nabla f(x_k) + \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \nabla g_i(x_k) \right)$$

Powell [35] recommends keeping the Hessian positive definite even though it might be positive indefinite at the solution point. A positive definite Hessian is maintained providing $q_k^T s_k$ is positive at each update and that H is initialized with a positive definite matrix.

When $q_k^T s_k$ is not positive, q_k is modified on an element-by-element basis so that $0 \rightarrow q_k^T s_k > 0$. The general aim of this modification is to distort the elements of q_k , which contribute to a positive definite update, as little as possible. Therefore, in the initial phase of the modification, the most negative element of $q_k^T s_k$ is repeatedly halved. This procedure is continued until $q_k^T s_k$ is greater than or equal to $1e-5$. If, after this procedure, $q_k^T s_k$ is still not positive, modify q_k by adding a vector v multiplied by a constant scalar w , that is,

$$q_k = q_k + w \cdot v \quad (3-28)$$

where

$$v_i = \nabla g_i(x_{k+1}) \cdot s_i(x_{k+1}) - \nabla g_i(x_k) \cdot s_i(x_k)$$

if $(q_k)_i \cdot w < 0$ and

$$v_i = \begin{cases} \max\{0, -\epsilon_i\} & \text{if } \epsilon_i < 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad i = 1, \dots, m_1$$

$$v_i = 0 \quad \text{otherwise}$$

and increase w systematically until $q_k^T s_k$ becomes positive.

The functions `fmincon`, `fminls`, `fminsearch`, and `fminunc` all use SQP. If `Display` is set to 'iter' in options, then various information is given such as function values and the maximum constraint violation. When the Hessian has to be modified using the first phase of the preceding procedure to keep it positive definite, then `Hessian modified` is displayed. If the Hessian has to be modified again using the second phase of the approach described above, then `Hessian modified twice` is displayed. When the QP subproblem is infeasible, then `infeasible` is displayed. Such displays are usually not a cause for concern but indicate that the problem is highly nonlinear and that convergence might take longer than usual. Sometimes the message `no update` is displayed, indicating that $q_k^T s_k$ is nearly zero. This can be an indication that the problem setup is wrong or you are trying to minimize a noncontinuous function.

Quadratic Programming Solution

At each major iteration of the SQP method, a QP problem of the following form is solved, where A_i refers to the i th row of the m -by- n matrix A .

$$\begin{aligned} \text{minimize}_{d \in \mathcal{R}^n} \quad & q(d) = \frac{1}{2} d^T H d + c^T d & (3-29) \\ & A_i d = b_i \quad i = 1, \dots, m_1 \\ & A_i d \leq b_i \quad i = m_1 + 1, \dots, m \end{aligned}$$

The method used in the Optimization Toolbox is an active set strategy (also known as a projection method) similar to that of Gill et al., described in [20] and [19]. It has been modified for both Linear Programming (LP) and Quadratic Programming (QP) problems.

The solution procedure involves two phases. The first phase involves the calculation of a feasible point (if one exists). The second phase involves the generation of an iterative sequence of feasible points that converge to the solution. In this method an active set \bar{A}_k is maintained that is an estimate of the active constraints (i.e., those that are on the constraint boundaries) at the solution point. Virtually all QP algorithms are active set methods. This point is emphasized because there exist many different methods that are very similar in structure but that are described in widely different terms.

\bar{A}_k is updated at each iteration k , and this is used to form a basis for a search direction \hat{d}_k . Equality constraints always remain in the active set \bar{A}_k . The notation for the variable \hat{d}_k is used here to distinguish it from d_k in the major iterations of the SQP method. The search direction \hat{d}_k is calculated and minimizes the objective function while remaining on

any active constraint boundaries. The feasible subspace for d_k is formed from a basis Z_k whose columns are orthogonal to the estimate of the active set \bar{A}_k (i.e., $\bar{A}_k Z_k = 0$). Thus a search direction, which is formed from a linear summation of any combination of the columns of Z_k , is guaranteed to remain on the boundaries of the active constraints.

The matrix Z_k is formed from the last $n - l$ columns of the QR decomposition of the matrix \bar{A}_k^T , where l is the number of active constraints and $l < m$. That is, Z_k is given by

$$Z_k = Q[. . l + 1 : n] \quad (3-30)$$

where

$$Q^T \bar{A}_k^T = \begin{bmatrix} R \\ 0 \end{bmatrix}$$

Once Z_k is found, a new search direction d_k is sought that minimizes $q(d)$ where d_k is in the null space of the active constraints. That is, d_k is a linear combination of the columns of Z_k : $d_k = Z_k p$ for some vector p .

Then if you view the quadratic as a function of p , by substituting for d_k , you have

$$q(p) = \frac{1}{2} p^T Z_k^T H Z_k p + c^T Z_k p \quad (3-31)$$

Differentiating this with respect to p yields

$$\nabla q(p) = Z_k^T H Z_k p + Z_k^T c \quad (3-32)$$

$\nabla q(p)$ is referred to as the projected gradient of the quadratic function because it is the gradient projected in the subspace defined by Z_k . The term $Z_k^T H Z_k$ is called the projected Hessian. Assuming the Hessian matrix H is positive definite (which is the case in this implementation of SQP), then the minimum of the function $q(p)$ in the subspace defined by Z_k occurs when $\nabla q(p) = 0$, which is the solution of the system of linear equations

$$Z_k^T H Z_k p = -Z_k^T c \quad (3-33)$$

A step is then taken of the form

$$x_{k+1} = x_k + \alpha d_k \quad \text{where } d_k = Z_k p \quad (3-34)$$

At each iteration, because of the quadratic nature of the objective function, there are only two choices of step length α . A step of unity along \hat{d}^k is the exact step to the minimum of the function restricted to the null space of \bar{A}^k . If such a step can be taken, without violation of the constraints, then this is the solution to QP (Eq. 3-30). Otherwise, the step along \hat{d}^k to the nearest constraint is less than unity and a new constraint is included in the active set at the next iteration. The distance to the constraint boundaries in any direction \hat{d}^k is given by

$$\alpha = \min_i \left\{ \frac{-(A_i x^k - b_i)}{A_i \hat{d}^k} \right\} \quad i = 1, \dots, m_i \quad (3-35)$$

which is defined for constraints not in the active set, and where the direction \hat{d}^k is towards the constraint boundary, i.e., $A_i \hat{d}^k > 0$, $i = 1, \dots, m_i$.

When n independent constraints are included in the active set, without location of the minimum, Lagrange multipliers, λ^k , are calculated that satisfy the nonsingular set of linear equations

$$\bar{A}^k T \lambda^k = c \quad (3-36)$$

If all elements of λ^k are positive, x^k is the optimal solution of QP (Eq. 3-30). However, if any component of λ^k is negative, and the component does not correspond to an equality constraint, then the corresponding element is deleted from the active set and a new iterate is sought.

Initialization. The algorithm requires a feasible point to start. If the current point from the SQP method is not feasible, then you can find a point by solving the linear programming problem

$$\begin{aligned} & \underset{\gamma \in \mathcal{R}, x \in \mathcal{R}^n}{\text{minimize}} && \gamma \\ & A_i x = b_i && i = 1, \dots, m_e \\ & A_i x - \gamma \leq b_i && i = m_e + 1, \dots, m \end{aligned} \quad (3-37)$$

The notation A_i indicates the i th row of the matrix A . You can find a feasible point (if one exists) to Eq. 3-37 by setting x to a value that satisfies the equality constraints. You can determine this value by solving an under- or overdetermined set of linear equations formed from the set of equality constraints. If there is a solution to this problem, then the slack variable γ is set to the maximum inequality constraint at this point.

You can modify the preceding QP algorithm for LP problems by setting the search direction to the steepest descent direction at each iteration, where S^k is the gradient of the objective

function (equal to the coefficients of the linear objective function).

$$\hat{d}_k = -Z_k Z_k^T g_k \quad (3-38)$$

If a feasible point is found using the preceding LP method, the main QP phase is entered. The search direction \hat{d}_k is initialized with a search direction \hat{d}_1 found from solving the set of linear equations

$$H\hat{d}_1 = -g_k \quad (3-39)$$

where g_k is the gradient of the objective function at the current iterate x_k (i.e., $Hx_k + c$).

If a feasible solution is not found for the QP problem, the direction of search for the main SQP routine \hat{d}_k is taken as one that minimizes γ .

Line Search and Merit Function

The solution to the QP subproblem produces a vector d_k , which is used to form a new iterate

$$x_{k+1} = x_k + \alpha d_k \quad (3-40)$$

The step length parameter α_k is determined in order to produce a sufficient decrease in a merit function. The merit function used by Han [24] and Powell [35] of the following form is used in this implementation.

$$\Psi(x) = f(x) + \sum_{i=1}^{m_e} r_i \cdot g_i(x) + \sum_{i=m_e+1}^{m_i} r_i \cdot \max\{0, g_i(x)\} \quad (3-41)$$

Powell recommends setting the penalty parameter

$$r_i = (r_{k+1})_i = \max_i \left\{ \lambda_i, \frac{1}{2} (r_{k+1})_i + \lambda_i \right\}, \quad i = 1, \dots, m_i \quad (3-42)$$

This allows positive contribution from constraints that are inactive in the QP solution but were recently active. In this implementation, the penalty parameter r_i is initially set to

$$r_i = \frac{\|\nabla f(x)\|}{\|\nabla g_i(x)\|} \quad (3-43)$$

where $\|\cdot\|$ represents the Euclidean norm.

This ensures larger contributions to the penalty parameter from constraints with smaller gradients, which would be the case for active constraints at the solution point.

Quadratic Programming (QP) Subproblem

Simplex Algorithm

© 1994-2005 The MathWorks, Inc.

u SQP

```

0.00;
000;
0.00;
000000;
=1; %Jika pu TypParam=1 jika ohm TypParam=2
base
    
```

bsV pu	sudV deg	Pgen MW	Qgen MVAR	Pload MW	Qload MVAR	Sup pu	TypBus
1000	0.00000	0.00	0.00	171.00	59.00	0.00000	1;
1000	0.00000	197.00	18.00	576.00	183.00	0.00000	3;
0000	0.00000	0.00	0.00	643.00	110.00	0.00000	3;
1000	0.00000	1257.00	0.00	0.00	0.00	0.00000	2;
0000	0.00000	0.00	0.00	677.00	265.00	0.00000	3;
0000	0.00000	0.00	0.00	619.00	119.00	0.00000	3;
0000	0.00000	0.00	0.00	760.00	208.00	0.00000	3;
0000	0.00000	0.00	0.00	698.00	117.00	0.00000	3;
0000	0.00000	0.00	0.00	649.00	116.00	0.00000	3;
0000	0.00000	0.00	0.00	603.00	153.00	0.00000	3;
1000	0.00000	368.00	110.00	0.00	0.00	0.00000	3;
0000	0.00000	0.00	0.00	566.00	296.00	0.00000	3;
0000	0.00000	0.00	0.00	376.00	121.00	0.00000	3;
0000	0.00000	0.00	0.00	366.00	216.00	0.00000	3;
0000	0.00000	0.00	0.00	342.00	275.00	0.00000	3;
0000	0.00000	0.00	0.00	811.00	186.00	0.00000	3;
1000	0.00000	794.00	0.00	292.00	209.00	0.00000	2;
1000	0.00000	396.00	0.00	224.00	180.00	0.00000	2;
0000	0.00000	0.00	0.00	359.00	226.00	0.00000	3;
1000	0.00000	2476.00	0.00	1126.00	184.00	0.00000	2;
2200	0.00000	1204.00	0.00	0.00	0.00	0.00000	2;
0000	0.00000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00000	3;
0000	0.00000	0.00	0.00	133.00	23.00	0.00000	3];%20

```

[Bus, Cap]=DecodeBus (Bus);
Nbus Beban Cap
    
```

m to	R pu	X pu	Lc pu	Tap	TapPh	SudPh deg	Kap Saluran MVA
8	0.00065	0.00650	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	20000;
10	0.00005	0.00062	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	20000;
5 7	0.00010	0.00470	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	20000;
4 7	0.00060	0.00470	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	20000;
5 6	0.00040	0.00420	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	20000;
5 11	0.00040	0.00180	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	20000;
2 11	0.00040	0.00210	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	20000;
1 12	0.00015	0.00270	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	20000;
2 13	0.00025	0.03795	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	20000;
6 17	0.00010	0.00490	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	20000;
5 10	0.00130	0.01460	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	20000;
4 5	0.00060	0.00470	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	20000;
5 22	0.00010	0.02150	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	20000;
8 22	0.00010	0.02150	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	20000;


```

23 0.00065 0.01460 0.00010 0.00000 0.00000 0.00000 20000;
 3 0.00025 0.00260 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 20000;
14 0.00130 0.02510 0.00010 0.00000 0.00000 0.00000 20000;
15 0.00070 0.00840 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 20000;
21 0.00000 0.00805 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 20000;
16 0.00145 0.01420 0.00020 0.00000 0.00000 0.00000 20000;
18 0.00035 0.01150 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 20000;
20 0.00040 0.00120 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 20000;
 9 0.00015 0.00110 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 20000;
 4 0.00025 0.00140 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 20000;
23 0.00015 0.01420 0.00020 0.00000 0.00000 0.00000 20000;
19 0.00100 0.02300 0.00010 0.00000 0.00000 0.00000 20000;
20 0.00100 0.00440 0.00010 0.00000 0.00000 0.00000 20000];

```

```

-----
Lc, Tr, CapSal]=DecodeSaluran(Nbus, Sal);
[Sal Z Lc Tr CapSal

```

```

-----
; Qmin   Qmax   a       b       c   fix var   Pmin   Pmax
  MVAR   MVAR                                     MW     MW
-----
-2331.0 2331.0 0   801.6050   0   0   0   1575   4000;
-1548.0 1548.0 0  6336.8875   0   0   0   1300   1720;
 -811.8  811.8 0 13516.6550   0   0   0    648    902;
 -360.0  360.0 0  683.0000   0   0   0    350    450;
-2817.0 2817.0 0  687.0900   0   0   0   1810   3130;
-1134.0 1134.0 0  229.0300   0   0   0    710   1260];
-----

```

```

      a           b           c
854.475524    490779.035    3354610.490

```

```

Gen
s(Nbus, Nbus);
: Nbus
j=1:Nbus
Ts(i, j)=complex(0, 0);

putime;
Alir, Sg, SL, SumG, SumL, Rr, RugiS]=NewtonPolar(Nbus, Z, Lc, Tr, Cap, Beban, Pbase);
.(V);
.tungTotalCostGen(Sg);
V=HitungCostPgenDetail(Nbus, Sg);
length(CostPLN);
i=cputime;
=selesai-mulai;
=CetakNewtonRaphson(Nbus, ite, selang, V, Sg, SL, Z, Alir, RugiS, SumG, SumL, Rr);

1:Nbus
=Beban(i, 7);
tb~=3
Ng=Ng+1;
d
=zeros(Ng, 1);
cos(Ng, 1);

=1:Nbus

```

```

Beban(i,7);
b~=3
Ng=Ng+1;
Pgen1(Ng)=real(Sg(i));
ig(Ng)=Ng;

Jumlah Cost Gen      = ' num2Str(Cost) ' Rupiah']);
-----
in=0.95;
Iax=1.05;
IatasV
lb,x0]=FindBatasVariable;
= optimset('LargeScale','off');
exiflag,output,lambda]=fmincon(@Objfunc,x0,[],[],[],[],lb,ub,@Confunc,options)
Alir,Sg,SL,SumG,SumL,Rr,RugiS,Cost]=HitungObjfunc(x);
HitungCostPgenDetail(Nbus,Sg);
V);
MetakNewtonRaphson(Nbus,ite,selang,V,Sg,SL,Z,Alir,RugiS,SumG,SumL,Rr);
ros(Ng,1);

Nbus
Beban(i,7);
b~=3
Ng=Ng+1;
Pgen2(Ng)=real(Sg(i));

Jumlah Cost Gen      = ' num2Str(Cost) ' Rupiah']);
');
Hasil Perbandingan Daya Pembangkitan antara PLN - Program');
);
length(CostPLN);
-----');
Bus          PLN          Program          ');
              (MW)          (MW)          ');
-----');

.:Nbus
Beban(i,7);
tb~=3
Na=Na+1;
S=[i Pgen1(Na) Pgen2(Na)];
fprintf(' %3.0f    %12.2f    %12.2f\n',S');
d
-----');
');
Hasil Perbandingan Biaya Pembangkitan antara PLN - Program');
');
length(CostPLN);
-----');
Bus          PLN          Program          ');
              (Rp)          (Rp)          ');
-----');

```

```
us
an(i,7);
=3
=Na+1;
[i CostPLN(Na) CostSQP(Na)];
printf(' %3.0f %13.2f %13.2f\n',S');

-----');
isih Biaya = ' num2Str(sum(CostPLN)-sum(CostSQP)) ' Rp]];
bus,1);
us
i;

.,xt,V3);
LN','SQP');
egangan (V)');
us');
afik Tegangan Bus');

yen1,ig,Pgen2);
LN','SQP');
aya (MW)');
en');
afik Pembangkitan');
-----
```

```
: The value of local variables may have been changed to match the
globals. Future versions of MATLAB will require that you declare
a variable to be global before you use that variable.
a500kVFinal at 8
The value of local variables may have been changed to match the
globals. Future versions of MATLAB will require that you declare
a variable to be global before you use that variable.
a500kVFinal at 38
The value of local variables may have been changed to match the
globals. Future versions of MATLAB will require that you declare
a variable to be global before you use that variable.
a500kVFinal at 38
The value of local variables may have been changed to match the
globals. Future versions of MATLAB will require that you declare
a variable to be global before you use that variable.
a500kVFinal at 38
The value of local variables may have been changed to match the
globals. Future versions of MATLAB will require that you declare
a variable to be global before you use that variable.
a500kVFinal at 72
The value of local variables may have been changed to match the
globals. Future versions of MATLAB will require that you declare
a variable to be global before you use that variable.
a500kVFinal at 72
The value of local variables may have been changed to match the
globals. Future versions of MATLAB will require that you declare
a variable to be global before you use that variable.
a500kVFinal at 72
: The value of local variables may have been changed to match the
globals. Future versions of MATLAB will require that you declare
a variable to be global before you use that variable.
a500kVFinal at 72
: The value of local variables may have been changed to match the
globals. Future versions of MATLAB will require that you declare
a variable to be global before you use that variable.
ta500kVFinal at 72
: The value of local variables may have been changed to match the
globals. Future versions of MATLAB will require that you declare
a variable to be global before you use that variable.
ita500kVFinal at 86
```

Hasil Perhitungan Aliran Daya
Dengan Metode Newton-Raphson

```
g: Could not find an exact (case-sensitive) match for 'num2Str'. C:\Program
MATLAB704\toolbox\matlab\strfun\num2str.m is a case-insensitive match and will be
instead. You can improve the performance of your code by using exact name matches
therefore recommend that you update your usage accordingly. Alternatively, you
sable this warning using warning('off','MATLAB:dispatcher:InexactMatch').
etakNewtonRaphson at 6
ata500kVFinal at 101
Bus = 23
iterasi = 3
Hitung = 0.17188 detik
```

Tegangan (pu)		Pembangkitan		Pembebanan	
		mw	mvar	mw	mvar
1.01000	0.00000	3374.470	799.829	171.000	59.000
0.98873	-0.20653	197.000	18.000	576.000	183.000
1.00048	-0.20733	0.000	0.000	643.000	110.000
1.01000	-0.19963	1257.000	1464.200	0.000	0.000
0.98600	-0.19319	0.000	0.000	677.000	265.000
0.98315	-0.22417	0.000	0.000	619.000	119.000
0.98935	-0.22888	0.000	0.000	760.000	208.000
0.97799	-0.08645	0.000	0.000	698.000	117.000
0.97566	-0.09375	0.000	0.000	649.000	116.000
1.00717	-0.01111	0.000	0.000	603.000	153.000
0.98429	-0.19746	368.000	110.000	0.000	0.000
0.97225	-0.20354	0.000	0.000	566.000	296.000
0.93370	-0.06606	0.000	0.000	376.000	121.000
0.97440	0.12855	0.000	0.000	366.000	216.000
0.95230	0.08978	0.000	0.000	342.000	275.000
0.99701	0.17360	0.000	0.000	811.000	186.000
1.01000	0.19776	794.000	472.479	292.000	209.000
1.01000	0.24547	396.000	452.441	224.000	180.000
0.98385	0.21629	0.000	0.000	359.000	226.000
1.01000	0.25149	2476.000	444.030	1126.000	184.000
1.02200	0.22603	1204.000	663.040	0.000	0.000
0.96641	-0.08491	0.000	0.000	0.000	0.000
0.95496	-0.00726	0.000	0.000	133.000	23.000

Jaya Antar Saluran

Daya			Bus		Daya	
to	mw	mvar	from	to	mw	mvar
8	1353.971	418.739	8	1	-1341.172	-290.754
10	1849.499	322.090	10	1	-1847.772	-300.669
3	-12.297	-445.805	3	2	12.806	451.095
11	-366.703	280.805	11	2	367.576	-276.222
4	-655.806	-561.095	4	3	657.666	571.513
5	-69.401	525.148	5	4	71.051	-512.220
7	668.735	367.538	7	4	-665.310	-340.710
6	715.826	9.707	6	5	-713.717	12.434
10	-1224.635	78.481	10	5	1244.772	147.669
11	239.160	41.014	11	5	-238.918	-39.923
22	-478.402	118.019	22	5	478.652	-64.324
7	94.717	-131.434	7	6	-94.690	132.710
9	649.685	121.023	9	8	-649.000	-116.000
22	-6.513	52.731	22	8	6.516	-52.096
12	239.342	426.146	12	11	-238.973	-419.488
13	-327.027	123.488	13	12	327.350	-74.430
14	-703.347	-46.567	14	13	710.757	189.603
15	447.133	227.403	15	14	-445.278	-205.140
16	-319.894	-115.571	16	14	321.660	132.833
21	-1204.000	-517.433	21	14	1204.000	663.040
19	-517.258	-75.598	19	15	520.271	144.885
23	620.535	5.739	23	15	-619.898	54.524

7	-501.685	-248.039	17	16	502.000	263.479
8	-630.975	-70.794	18	16	632.395	117.434
0	-460.395	155.007	20	18	461.320	-152.231
0	-879.272	-370.885	20	19	888.680	412.261
3	-485.167	116.421	23	22	486.899	-77.523

a Antar Saluran

Rugi		
to	mw	mvar
8	12.799	127.985
0	1.727	21.421
3	0.509	5.290
1	0.873	4.583
4	1.860	10.419
5	1.650	12.928
7	3.425	26.828
6	2.109	22.141
0	20.137	226.150
1	0.242	1.090
2	0.250	53.695
7	0.027	1.276
9	0.685	5.023
2	0.003	0.635
2	0.370	6.657
3	0.323	49.058
4	7.409	143.035
5	1.855	22.263
6	1.767	17.263
21	0.000	145.606
19	3.013	69.287
23	0.637	60.263
17	0.315	15.439
18	1.419	46.640
20	0.925	2.776
20	9.408	41.376
23	1.733	38.898

Pembangkitan = 10066.4703+4424.01821i MVA

Pembebanan = 9991+3246i MVA

Rugi-Rugi = 75.470284+1178.0182i MVA

Iterasi = 3

Cost Gen = 23650138.8693 Rupiah

g: The value of local variables may have been changed to match the
globals. Future versions of MATLAB will require that you declare
a variable to be global before you use that variable.

ata500kVFinal at 124

zation terminated: magnitude of search direction less than 2*options.TolX

maximum constraint violation is less than options.TolCon.

inequalities (to within options.TolCon = 1e-006):

r upper ineqlin ineqnonlin

} *

)
)
)
)
)

+007

erations: 18
 uncCount: 314
 stepsize: 1
 lgorithm: 'medium-scale: SQP, Quasi-Newton, line-search'
 orderopt: 134.3435
 erations: []
 message: [1x142 char]

lower: [5x1 double]
 upper: [5x1 double]
 eqlin: [0x1 double]
 onlin: 0
 eqlin: [0x1 double]
 onlin: [0x1 double]

Hasil Perhitungan Aliran Daya
 Dengan Metode Newton-Raphson

is = 23
 erasi = 3
 ung = 0.17188 detik

Tegangan (pu)	Pembangkitan		Pembebanan		
	mw	mvar	mw	mvar	
0.01000	0.00000	3932.983	856.590	171.000	59.000

98891	-0.25481	197.000	18.000	576.000	183.000
00051	-0.25435	0.000	0.000	643.000	110.000
01000	-0.24598	1300.000	1453.779	0.000	0.000
98603	-0.23940	0.000	0.000	677.000	265.000
98317	-0.27042	0.000	0.000	619.000	119.000
98936	-0.27518	0.000	0.000	760.000	208.000
97678	-0.10364	0.000	0.000	698.000	117.000
97445	-0.11096	0.000	0.000	649.000	116.000
00680	-0.01292	0.000	0.000	603.000	153.000
98450	-0.24680	368.000	110.000	0.000	0.000
97374	-0.25877	0.000	0.000	566.000	296.000
95000	-0.20893	0.000	0.000	376.000	121.000
98236	-0.07574	0.000	0.000	366.000	216.000
96443	-0.10640	0.000	0.000	342.000	275.000
99845	-0.08210	0.000	0.000	811.000	186.000
01000	-0.06503	648.000	442.896	292.000	209.000
01000	-0.03409	449.983	344.910	224.000	180.000
98925	-0.05382	0.000	0.000	359.000	226.000
01000	-0.03151	1910.009	467.104	1126.000	184.000
02200	0.02546	1260.000	567.112	0.000	0.000
97364	-0.15980	0.000	0.000	0.000	0.000
96703	-0.14293	0.000	0.000	133.000	23.000

ya Antar Saluran

o	Daya		Bus		Daya	
	mw	mvar	from	to	mw	mvar
	1613.860	436.215	8	1	-1596.052	-258.130
	2148.123	361.375	10	1	-2145.797	-332.536
	-59.261	-435.260	3	2	59.755	440.390
	-319.739	270.260	11	2	320.455	-266.496
	-702.755	-550.390	4	3	704.745	561.534
	-72.432	524.892	5	4	74.084	-511.956
	667.688	367.354	7	4	-664.272	-340.596
	716.870	9.892	6	5	-714.755	12.312
	-1511.857	167.940	10	5	1542.797	179.536
	398.620	-3.471	11	5	-397.967	6.413
	-354.717	72.595	22	5	354.852	-43.605
	95.755	-131.312	7	6	-95.728	132.596
	649.687	121.035	9	8	-649.000	-116.000
	248.365	20.095	22	8	-248.300	-6.104
	445.511	370.083	12	11	-444.992	-360.739
	-121.008	64.739	13	12	121.058	-57.201
	-497.058	-63.799	14	13	500.675	133.625
	361.097	184.815	15	14	-359.903	-170.492
	32.228	-114.475	16	14	-32.015	116.516
	-1260.000	-419.965	21	14	1260.000	567.112
	-221.836	-88.685	19	15	222.450	102.779
	239.740	-15.824	23	15	-239.647	24.599
	-355.822	-225.180	17	16	356.000	233.896
	-423.163	-77.336	18	16	423.812	98.683
	-197.830	66.228	20	18	198.000	-65.716
	-581.450	-328.779	20	19	586.009	348.819

23 -106.552 49.709 23 22 106.647 -47.599

ra Antar Saluran

to	Rugi	
	mw	mvar
8	17.808	178.084
0	2.326	28.839
3	0.493	5.130
1	0.717	3.764
4	1.990	11.144
5	1.651	12.936
7	3.416	26.758
6	2.115	22.204
.0	30.940	347.475
.1	0.654	2.942
:2	0.135	28.990
7	0.027	1.284
9	0.687	5.035
:2	0.065	13.991
.2	0.519	9.344
.3	0.050	7.538
.4	3.617	69.826
.5	1.194	14.323
.6	0.212	2.041
21	0.000	147.146
.9	0.614	14.094
23	0.093	8.775
17	0.178	8.716
18	0.650	21.347
20	0.171	0.512
20	4.559	20.041
23	0.095	2.110

Pembangkitan = 10065.9746+4260.39014i MVA

Pembebanan = 9991+3246i MVA

Rugi-Rugi = 74.974646+1014.3901i MVA

Iterasi = 3

Cost Gen = 22057709.0268 Rupiah

Perbandingan Daya Pembangkitan Antara PLN Program

PLN (MW)	Program (MW)
3374.47	3932.98
1257.00	1300.00
794.00	648.00
396.00	449.98
2476.00	1910.01
1204.00	1260.00

Perbandingan Biaya Pembangkitan antara PLN - Program

PLN (Rp)	Program (Rp)
2704992.25	3152698.62
7965467.59	8237953.75
10732224.07	8758792.44
270468.00	307338.22
1701234.84	1312348.20
275752.12	288577.80

Biaya = 1592429.8426 Rp

am SQP

```
150.00;
=1000;
100.00;
=1000000;
am=1; %Jika pu TypParam=1 jika ohm TypParam=2
Pbase
```

busV	sudV	Pgen	Qgen	Pload	Qload	Sup	TypBus
pu	deg	MW	MVAR	MW	MVAR	pu	
.95000	0.00000	0.000	0.000	64.000	16.000	0.00000	1;
.99000	0.00000	137.000	0.000	101.000	2.000	0.00000	2;
.00000	0.00000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00000	3;
.00000	0.00000	0.000	0.000	47.000	12.000	0.00000	3;
.00000	0.00000	0.000	0.000	51.000	13.000	0.00000	3;
.00000	0.00000	0.000	0.000	41.000	10.000	0.00000	3;
.00000	0.00000	0.000	0.000	48.000	12.000	0.00000	3;
.00000	0.00000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.00000	3;
.00000	0.00000	0.000	0.000	150.000	38.000	0.00000	3;
.00000	0.00000	0.000	0.000	177.000	44.000	0.00000	3;
.00000	0.00000	235.000	0.000	130.000	32.000	0.00000	2;
.00000	0.00000	0.000	0.000	6.000	0.000	0.00000	3;
.00000	0.00000	0.000	0.000	-4.000	0.000	0.00000	3;
.99000	0.00000	498.000	0.000	480.000	120.000	0.00000	2;
.00000	0.00000	0.000	0.000	201.000	50.000	0.00000	3;
.00000	0.00000	0.000	0.000	132.000	-33.000	0.00000	3;
.00000	0.00000	0.000	0.000	344.000	86.000	0.00000	3;
.00000	0.00000	0.000	0.000	104.000	26.000	0.00000	3;
.00000	0.00000	0.000	0.000	376.000	94.000	0.00000	3;
.00000	0.00000	803.000	0.000	-100.000	-25.000	0.00000	2;
.00000	0.00000	0.000	0.000	375.000	94.000	0.00000	3;
.00000	0.00000	0.000	0.000	-210.000	-52.000	0.00000	3;
.00000	0.00000	919.000	0.000	129.000	32.000	0.00000	2];%20

```
.Beban, Cap]=DecodeBus (Bus);
```

```
);
```

```
(:,5)=Beban(:,5)*Pa/100;
```

```
(:,6)=Beban(:,6)*Pa/100;
```

```
l Nbus Beban Cap
```

from	to	R	X	Lc	Tap	TapPh	SudPh	Kap Saluran
		pu	pu	pu			deg	MVA
1	3	0.0242	0.0540	0.0059	0.0000	0.0000	0.0000	10000;
1	4	0.0309	0.0693	0.0076	0.0000	0.0000	0.0000	10000;
2	5	0.0404	0.0888	0.0099	0.0000	0.0000	0.0000	10000;
8	5	0.0325	0.0709	0.0079	0.0000	0.0000	0.0000	10000;
2	7	0.0615	0.1620	0.0171	0.0000	0.0000	0.0000	10000;
3	6	0.0576	0.1520	0.0160	0.0000	0.0000	0.0000	10000;
4	9	0.0266	0.0700	0.0074	0.0000	0.0000	0.0000	10000;
9	7	0.0229	0.0504	0.0056	0.0000	0.0000	0.0000	10000;
8	6	0.0446	0.1003	0.0109	0.0000	0.0000	0.0000	10000;
11	10	0.0233	0.0514	0.0228	0.0000	0.0000	0.0000	10000;
8	10	0.0597	0.1315	0.0146	0.0000	0.0000	0.0000	10000;

```

9 10 0.0597 0.1315 0.0146 0.0000 0.0000 0.0000 10000;
3 14 0.0043 0.0351 0.0146 0.0000 0.0000 0.0000 10000;
4 12 0.0043 0.0351 0.1187 0.0000 0.0000 0.0000 10000;
5 12 0.0038 0.0307 0.1039 0.0000 0.0000 0.0000 10000;
3 15 0.0035 0.0288 0.0976 0.0000 0.0000 0.0000 10000;
3 13 0.0089 0.0720 0.2436 0.0000 0.0000 0.0000 10000;
5 17 0.0010 0.0080 0.0272 0.0000 0.0000 0.0000 10000;
7 18 0.0021 0.0167 0.0567 0.0000 0.0000 0.0000 10000;
9 18 0.0016 0.0127 0.0431 0.0000 0.0000 0.0000 10000;
) 19 0.0045 0.0362 0.1226 0.0000 0.0000 0.0000 10000;
2 18 0.0024 0.0192 0.0649 0.0000 0.0000 0.0000 10000;
) 21 0.0019 0.0156 0.0528 0.0000 0.0000 0.0000 10000;
1 22 0.0014 0.0114 0.0385 0.0000 0.0000 0.0000 10000;
3 16 0.0020 0.0164 0.0555 0.0000 0.0000 0.0000 10000;
2 8 0.0023 0.0839 0.0000 1.0000 0.0000 0.0000 10000;
3 8 0.0023 0.0839 0.0000 1.0000 0.0000 0.0000 10000;
2 9 0.00185 0.1300 0.0000 1.0000 0.0000 0.0000 10000;
3 9 0.0023 0.0839 0.0000 1.0000 0.0000 0.0000 10000;
1 2 0.0025 0.2000 0.0000 1.0000 0.0000 0.0000 10000];

```

```

-----
Z,Lc,Tr,CapSal]=DecodeSaluran(Nbus,Sal);
Nsal Z Lc Tr CapSal

```

```

-----
us Qmin Qmax a b c fix var Pmin Pmax
   MVAR MVAR MW MW
-----
1 -164.7 164.7 0 3.220 0 1 1 45 183;
2 -164.7 164.7 0 2.200 0 1 1 75 182;
1 -212.4 212.4 0 2.170 0 1 1 172 236;
4 -448.2 448.2 0 0.850 0 1 1 498 498;
0 -722.7 722.7 0 1.440 0 1 1 300 803;
3 -925.2 925.2 0 1.510 0 1 1 344 1028];
-----

```

```

. Gen
=cputime;
e,Alir,Sg,SL,SumG,SumL,Rr,RugiS]=NewtonPolar(Nbus,Z,Lc,Tr,Cap,Beban,Pbase);
al(V);
HitungTotalCostGen(Sg);
LN=HitungCostPgenDetail(Nbus,Sg);
length(CostPLN);
ai=cputime;
g=selesai-mulai;
]=CetakNewtonRaphson(Nbus,ite,selang,V,Sg,SL,Z,Alir,RugiS,SumG,SumL,Rr);

```

```

=1:Nbus
.b=Beban(i,7);
.f tb~=3
    Ng=Ng+1;
end

```

```

1=zeros(Ng,1);
eros(Ng,1);
;
i=1:Nbus
tb=Beban(i,7);
if tb~=3

```

```

Ng=Ng+1;
Pgen1(Ng)=real(Sg(i));
ig(Ng)=Ng;

jumlah Cost Gen      = ' num2Str(Cost) ' Rupiah']);
-----
in=0.95;
ax=1.05;
atasV
b,x0]=FindBatasVariable;
= optimset('LargeScale','off');
exiflag,output,lambda]=fmincon(@Objfunc,x0,[],[],[],[],lb,ub,@Confunc,options)
Alir,Sg,SL,SumG,SumL,Rr,RugiS,Cost]=HitungObjfunc(x);
HitungCostPgenDetail(Nbus,Sg);
V);
MetakNewtonRaphson(Nbus,ite,selang,V,Sg,SL,Z,Alir,RugiS,SumG,SumL,Rr);
ros(Ng,1);

Nbus
Beban(i,7);
tb~=3
Ng=Ng+1;
Pgen2(Ng)=real(Sg(i));

jumlah Cost Gen      = ' num2Str(Cost) ' Rupiah']);
');
hasil Perbandingan Daya Pembangkitan antara Jurnal-Program');
');
length(CostPLN);
-----');
Bus          Jurnal          Program          ');
          (MW)          (MW)          ');
-----');

:Nbus
Beban(i,7);
tb~=3
Na=Na+1;
S=[i Pgen1(Na) Pgen2(Na)];
fprintf(' %3.0f %12.2f %12.2f\n',S');

-----');
hasil Perbandingan Biaya antara Jurnal-Program');
');
length(CostPLN);
-----');
No          Jurnal          Program          ');
          (Rp)          (Rp)          ');
-----');

:Ngen
i CostPLN(i) CostSQP(i)];
intf(' %3.0f %12.2f %12.2f\n',S');

```

```
-----');  
'Selisih Biaya      = ' num2Str(sum(CostPLN)-sum(CostSQP)) ' Rp']];  
os(Nbus,1);  
l:Nbus  
(i)=i;  
  
(2)  
,V1,xt,V3);  
( 'Jurnal', 'SQP');  
( 'Tegangan (V)');  
( 'Bus');  
'Grafik Tegangan Bus');
```

The value of local variables may have been changed to match the globals. Future versions of MATLAB will require that you declare a variable to be global before you use that variable.

aJurnal at 8

The value of local variables may have been changed to match the globals. Future versions of MATLAB will require that you declare a variable to be global before you use that variable.

aJurnal at 41

The value of local variables may have been changed to match the globals. Future versions of MATLAB will require that you declare a variable to be global before you use that variable.

aJurnal at 41

The value of local variables may have been changed to match the globals. Future versions of MATLAB will require that you declare a variable to be global before you use that variable.

aJurnal at 41

The value of local variables may have been changed to match the globals. Future versions of MATLAB will require that you declare a variable to be global before you use that variable.

aJurnal at 78

The value of local variables may have been changed to match the globals. Future versions of MATLAB will require that you declare a variable to be global before you use that variable.

aJurnal at 78

The value of local variables may have been changed to match the globals. Future versions of MATLAB will require that you declare a variable to be global before you use that variable.

aJurnal at 78

The value of local variables may have been changed to match the globals. Future versions of MATLAB will require that you declare a variable to be global before you use that variable.

aJurnal at 78

The value of local variables may have been changed to match the globals. Future versions of MATLAB will require that you declare a variable to be global before you use that variable.

aJurnal at 78

The value of local variables may have been changed to match the globals. Future versions of MATLAB will require that you declare a variable to be global before you use that variable.

aJurnal at 90

Hasil Perhitungan Aliran Daya
Dengan Metode Newton-Raphson

: Could not find an exact (case-sensitive) match for 'num2Str'. C:\Program
MATLAB704\toolbox\matlab\strfun\num2str.m is a case-insensitive match and will be
stead. You can improve the performance of your code by using exact name matches
therefore recommend that you update your usage accordingly. Alternatively, you
able this warning using warning('off','MATLAB:dispatcher:InexactMatch').

takNewtonRaphson at 6

taJurnal at 99

Bus = 23

iterasi = 3

itung = 0.26563 detik

Tegangan (pu)		Pembangkitan		Pembebanan	
		mw	mvar	mw	mvar
0.95000	0.00000	94.106	-0.135	64.000	16.000
0.99000	0.00327	137.000	60.521	101.000	2.000
0.94979	-0.00076	0.000	0.000	0.000	0.000
0.93717	-0.02241	0.000	0.000	47.000	12.000
0.96544	0.00384	0.000	0.000	51.000	13.000
0.94619	-0.00164	0.000	0.000	41.000	10.000
0.94505	-0.02684	0.000	0.000	48.000	12.000
0.97190	0.03897	0.000	0.000	1.000	0.000
0.94731	-0.01144	0.000	0.000	150.000	38.000
0.94435	-0.04575	0.000	0.000	177.000	44.000
1.00000	-0.00395	235.000	91.996	130.000	32.000
0.96869	0.08511	0.000	0.000	6.000	0.000
0.97529	0.11849	0.000	0.000	-4.000	0.000
0.99000	0.10290	498.000	207.092	480.000	120.000
0.95334	0.11112	0.000	0.000	201.000	50.000
0.97505	0.23468	0.000	0.000	132.000	-33.000
0.96297	0.20353	0.000	0.000	344.000	86.000
0.95977	0.19787	0.000	0.000	104.000	26.000
0.95489	0.20216	0.000	0.000	376.000	94.000
1.00000	0.35328	803.000	175.526	-100.000	-25.000
0.97566	0.27660	0.000	0.000	375.000	94.000
0.97541	0.26289	0.000	0.000	-210.000	-52.000
1.00000	0.31936	919.000	140.277	129.000	32.000

Daya Antar Saluran

Bus 1 to	Daya		Bus from to	Daya		
	mw	mvar		mw	mvar	
2	-1.776	-18.975	2	1	1.786	19.780
3	1.199	-0.708	3	1	-1.199	-0.356
4	30.682	3.548	4	1	-30.354	-4.165
5	9.816	21.947	5	2	-9.559	-23.277
7	24.399	16.794	7	2	-23.811	-18.450
6	1.199	0.356	6	3	-1.196	-3.224
9	-16.646	-7.834	9	4	16.746	6.782
5	42.082	-9.615	5	8	-41.441	11.013
6	40.610	7.613	6	8	-39.804	-5.800
10	57.576	-4.652	10	8	-55.475	6.601
7	24.351	-6.592	7	9	-24.189	6.950
10	20.302	-7.991	10	9	-19.998	6.048
10	105.000	62.276	10	11	-101.528	-54.616
8	51.649	-3.930	8	12	-51.583	6.329
9	68.311	18.243	9	12	-68.213	-11.317
8	89.882	5.047	8	13	-89.686	2.101
9	143.720	37.863	9	13	-143.185	-18.380
14	37.349	-46.501	14	13	-37.194	44.947
12	55.194	53.778	12	14	-54.934	-51.652
12	71.368	-55.467	12	15	-71.026	58.227
17	378.739	103.021	17	16	-377.113	-95.121
18	33.113	9.121	18	17	-33.083	-19.367

15	275.246	-0.094	15	18	-272.368	23.781
18	25.941	-39.915	18	19	-25.902	40.231
19	409.990	103.720	19	20	-401.941	-38.976
21	493.010	109.066	21	20	-488.144	-79.415
22	113.144	-14.585	22	21	-112.954	8.804
18	322.954	49.371	18	22	-320.261	-27.831
13	273.685	27.722	13	23	-266.950	26.762
16	516.315	110.465	16	23	-510.739	-64.745

aya Antar Saluran

s	Rugi	
	to	mvar
2	0.010	0.805
3	0.000	-1.064
4	0.328	-0.617
5	0.256	-1.330
7	0.588	-1.655
6	0.003	-2.868
9	0.100	-1.052
5	0.641	1.399
6	0.806	1.813
10	2.102	1.949
7	0.162	0.357
10	0.304	-1.943
10	3.472	7.660
8	0.066	2.399
9	0.099	6.926
8	0.196	7.148
9	0.534	19.484
14	0.155	-1.554
12	0.261	2.127
12	0.342	2.760
17	1.626	7.900
18	0.030	-10.246
15	2.879	23.687
18	0.040	0.316
19	8.048	64.743
21	4.867	29.651
22	0.190	-5.780
18	2.692	21.540
13	6.735	54.484
16	5.576	45.720

ah Pembangkitan = 2686.1058+675.27725i MVA

ah Pembebanan = 2643+571i MVA

ah Rugi-Rugi = 43.10579+104.2773i MVA

ah Iterasi = 3

ah Cost Gen = 4081.6806 Rupiah

ing: The value of local variables may have been changed to match the
globals. Future versions of MATLAB will require that you declare
a variable to be global before you use that variable.

```
Journal at 122
number of function evaluations exceeded;
see OPTIONS.MaxFunEvals.
```

```
03 *
```

```
53
```

```
32
```

```
80
```

```
30
```

```
79
```

```
1e+003
```

```
=
```

```
=
```

```
Iterations: 49
funcCount: 505
stepsize: 0.0039
algorithm: 'medium-scale: SQP, Quasi-Newton, line-search'
storderopt: 1.8360
Iterations: []
message: [1x79 char]
```

```
=
```

```
lower: [5x1 double]
upper: [5x1 double]
eqlin: [0x1 double]
qnonlin: -7.3018e+003
ineqlin: [0x1 double]
qnonlin: [0x1 double]
```

Hasil Perhitungan Aliran Daya
Dengan Metode Newton-Raphson

```
Bus = 23
Iterasi = 3
Waktu = 0.26563 detik
```

Tegangan
(pu)

Pembangkitan
mw mvar

Pembebanan
mw mvar

```

-----
0.95000  0.00000    29.880    17.058    64.000    16.000
0.99000  0.05186   155.315    61.694   101.000    2.000
0.94990  0.00936    0.000    0.000    0.000    0.000
0.93847  0.00230    0.000    0.000    47.000    12.000
0.96587  0.05680    0.000    0.000    51.000    13.000
0.94548  0.03642    0.000    0.000    41.000    10.000
0.94623  0.02219    0.000    0.000    48.000    12.000
0.97280  0.09545    0.000    0.000    1.000    0.000
0.94886  0.03765    0.000    0.000   150.000   38.000
0.94370 -0.03830    0.000    0.000   177.000   44.000
1.00000 -0.03045   183.165   115.201   130.000   32.000
0.96653  0.16319    0.000    0.000    6.000    0.000
0.97148  0.19798    0.000    0.000   -4.000    0.000
0.99000  0.18130   498.017   224.000   480.000   120.000
0.95039  0.20405    0.000    0.000   201.000   50.000
0.97359  0.35413    0.000    0.000   132.000  -33.000
0.96125  0.31903    0.000    0.000   344.000   86.000
0.95787  0.30521    0.000    0.000   104.000   26.000
0.95345  0.30945    0.000    0.000   376.000   94.000
1.00000  0.46063   803.017   183.562  -100.000  -25.000
0.97502  0.38399    0.000    0.000   375.000   94.000
0.97430  0.37031    0.000    0.000  -210.000  -52.000
1.00000  0.44652  1027.899   159.318   129.000   32.000
-----

```

Daya Antar Saluran

```

-----
Bus
Daya          Bus          Daya
a to          mw          mvar      from to          mw          mvar
-----
2   -24.601    -18.060    2   1       24.627    20.124
3   -12.936     5.513     3   1       12.991    -6.456
4    3.416     13.605    4   1       -3.342   -14.795
5    5.737     23.338    5   2       -5.480   -24.667
7   23.951     16.231    7   2      -23.390  -17.960
6  -12.991     6.456     6   3       13.138    -8.941
9  -43.658     2.796     9   4       44.237    -2.589
5   46.295    -10.712    5   8      -45.520   12.404
6   55.600     3.373     6   8      -54.138    -0.084
10  87.636    -13.405   10  8      -82.700   21.596
7   24.776    -6.097     7   9      -24.610    6.462
10  44.980    -16.050   10  9      -43.495   16.707
10  53.166     85.481   10 11      -50.804  -80.273
8   75.677    -6.736     8  12      -75.535   11.920
9   88.579    17.424     9  12      -88.417   -6.083
8  115.321     1.220     8  13     -114.997  10.604
9  176.364    35.444     9  13     -175.575  -6.676
14  38.873    -57.019   14 13      -38.663   55.924
12  56.680     59.711   12 14      -56.383  -57.283
12 114.585    -61.636   12 15     -113.873   67.390
17 423.511   101.953   17 16     -421.504  -90.984
18  77.504     4.984    18 17      -77.365  -14.321
15 319.478     2.203    15 18     -315.585  29.837
18  25.955    -36.348   18 19      -25.920   36.627
-----

```

19	410.042	107.648	19	20	-401.955	-42.588
21	492.975	113.174	21	20	-488.091	-83.373
22	113.091	-10.627	22	21	-112.902	4.852
18	322.901	53.309	18	22	-320.194	-31.645
13	336.791	39.442	13	23	-326.558	43.346
16	562.108	117.785	16	23	-555.511	-63.692

aya Antar Saluran

s	Rugi	
to	mw	mvar
2	0.026	2.064
3	0.055	-0.943
4	0.074	-1.189
5	0.257	-1.329
7	0.561	-1.729
6	0.148	-2.485
9	0.579	0.206
5	0.775	1.692
6	1.462	3.289
10	4.936	8.191
7	0.166	0.364
10	1.486	0.657
10	2.361	5.209
8	0.142	5.184
9	0.161	11.341
8	0.324	11.824
9	0.789	28.768
14	0.210	-1.095
12	0.297	2.427
12	0.712	5.754
17	2.008	10.969
18	0.139	-9.337
15	3.894	32.039
18	0.035	0.279
19	8.088	65.060
21	4.884	29.801
22	0.189	-5.775
18	2.708	21.664
13	10.234	82.788
16	6.597	54.094

ah Pembangkitan = 2697.2938+760.83318i MVA

ah Pembebanan = 2643+571i MVA

ah Rugi-Rugi = 54.29384+189.8332i MVA

ah Iterasi = 3

ah Cost Gen = 3967.1618 Rupiah

l Perbandingan Daya Pembangkitan antara Jurnal-Program

Jurnal

Program

(MW)	(MW)
94.11	29.88
137.00	155.32
235.00	183.17
498.00	498.02
803.00	803.02
919.00	1027.90

Perbandingan Biaya antara Jurnal-Program

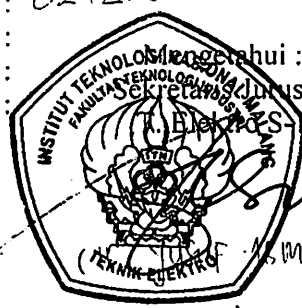
Jurnal (Rp)	Program (Rp)
303.02	96.21
301.40	341.69
509.95	397.47
423.30	423.31
1156.32	1156.34
1387.69	1552.13

Biaya = 114.5188 Rp

BLANKO PENGAJUAN PK

Nama Perusahaan : PT PLN (Persero) PSB Jawa Bali (pusat).
 Pimpinan Pers. : Direktur/Kepala/
 Alamat : Jl. Krukut - Lino cinene 16514 Jakarta Selatan Indonesia
 Kota : Jakarta
 Kode Pos : 16514
 Peserta PK : 1 MOCH Syaifullah
 2
 3
 4
 Perkiraan Pelaksanaan : 4 - 8 Desember 2006

NIM : 0212.068
 NIM :
 NIM :
 NIM :



Mengetahui :
 Sekretaris Jurusan
 (TEKNIK ELEKTRO) ISMAIL Wafkoda, MT

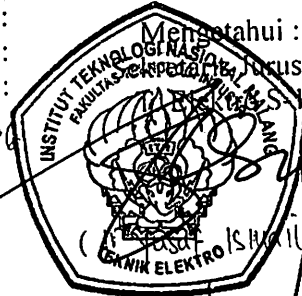
Form. P-2

No. 487.

BLANKO PENGAJUAN PK

Nama Perusahaan : PT Indonesia Power
 Pimpinan Pers. : Direktur/Kepala/ Sekretaris perusahaan men. per Senior Personal
 Alamat : Jl. Tend. Gatot Subroto Kav. 18, Jakarta 12950 Indonesia
 Kota : Jakarta
 Kode Pos : 12950 Indonesia
 Peserta PK : 1 MOCH Syaifullah
 2
 3
 4
 Perkiraan Pelaksanaan : 6 - 13 Desember 2006

NIM : 02.12.068
 NIM :
 NIM :
 NIM :



Mengetahui :
 Sekretaris Jurusan
 (TEKNIK ELEKTRO) ISMAIL Wafkoda, MT

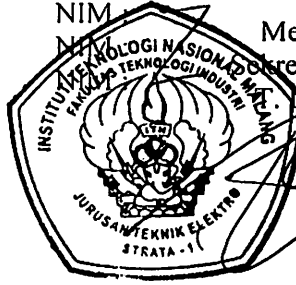
Form. P-2

No. 486

BLANKO PENGAJUAN SURVEY

Nama Perusahaan : PT. IP Up Perak Grati
 Pimpinan Pers. : Direktur/Kepala/ SDM / Bapak Krisno
 Alamat : Jl. Perak Grati Jl. Raya Surabaya Probolinggo Km 73 Desa
 Kota : Wates Kec. Iteok, Kab. Pasuruan.
 Kode Pos :
 Peserta Survey : 1. MOCH Syaifullah
 2. Z
 3.
 4.
 Perkiraan Pelaksanaan :

NIM : 0212068
 NIM :
 NIM :
 NIM :



Mengetahui :
 Sekretaris Jurusan
 (TEKNIK ELEKTRO S-1) ISMAIL Wafkoda, MT

Form. P-2

No. 582



PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang betanda tangan dibawah ini :

Nama : MOCH SYAI PULLAH
 N I M : 021-2068
 Semester : VIII
 Fakultas : Teknologi Industri
 Jurusan : Teknik Elektro S-1
 Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
 Alamat : Jl. Raya. Besar, Probolinggo

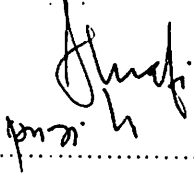
Dengan ini kami mengajukan permohonan untuk mendapatkan persetujuan untuk membuat *SKRIPSI Tingkat Sarjana*. Untuk melengkapi permohonan tersebut, bersama kami lampirkan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi.

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

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

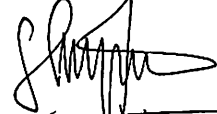
Demikian permohonan ini untuk mendapatkan penyelesaian lebih lanjut dan atas perhatiannya kami ucapkan terimakasih.

Telah diteliti kebenaran data tersebut diatas
 Recording Teknik Elektro

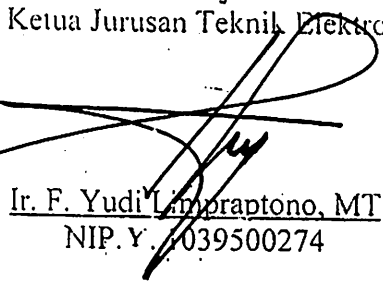

 (.....)

Malang, 19 APRIL2006

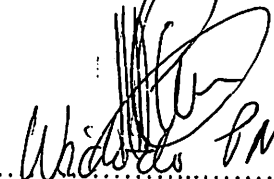
Pemohon


 MOCH SYAI PULLAH
 (.....)

Disetujui
 Ketua Jurusan Teknik Elektro


 Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
 NIP. Y. 039500274

Mengetahui
 Dosen Wali


 (.....)

Catatan :

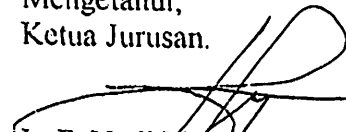
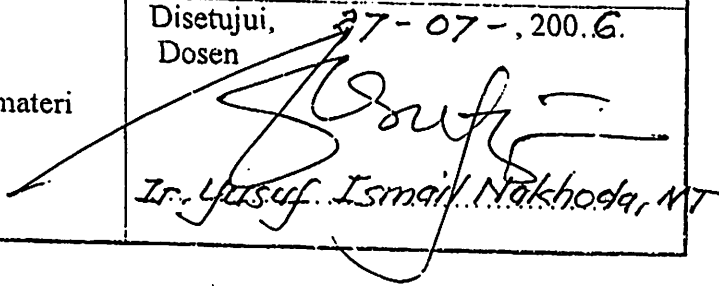
Bagi mahasiswa yang telah memenuhi persyaratan mengambil SKRIPSI agar membuat proposal dan mendapat persetujuan dari Ketua Jurusan/Sekretaris Jurusan T. Elektro S-1

1. IPK 4/13 = 2-99
2.
3. praktikum = lengkap



LEMBAR PENGAJUAN JUDUL SKRIPSI
 JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika

1	Nama Mahasiswa :	MACH Syaifulah	Nim :	02.12.068
2	Waktu pengajuan	Tanggal :	Bulan :	Tahun :
		20	07	2006
3	Spesifikasi judul (berilah tanda silang)			
	a. Sistem Tenaga Elektrik	e. Elektronika & Komponen		
	b. Energi & Konversi Energi	f. Elektronika Digital & Komputer		
	c. Tegangan Tinggi & Pengukuran	g. Elektronika Komunikasi		
	d. Sistem Kendali Industri	h. lainnya		
4	Konsultasikan judul sesuai materi bidang ilmu kepada Dosen *) :		Mengetahui, Ketua Jurusan.	
	Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT		 Ir. F. Yudi Limpraptono, MT Nip. Y. 1039500274	
5	Judul yang diajukan mahasiswa :	Analisa Problem pembangkitan Ekonomis pada sistem Tenaga Listrik Dengan menggunakan programming Linier		
6	Perubahan Judul yang disetujui Dosen sesuai materi bidang ilmu	Optimas problem pembangkitan ekonomis Menggunakan Metode Programing Linier Simulasi Matlab 7.0 SISTEM Jawa-Bali		
7	Catatan : Optimas Problem pembangkitan Ekonomis Menggunakan metode linier programing dengan simulasi Matlab 7.0 pada sistem Tenaga Listrik PT. Pembangkitan Jawa Bali			
	Persetujuan Judul Skripsi yang dikonsultasikan kepada Dosen materi bidang ilmu		Disetujui, Dosen 27-07-, 2006.  Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT	

Perhatian :

1. Formulir Pengajuan ini harap dikembalikan kepada jurusan paling lambat satu minggu setelah disetujui kelompok dosen keahlian dengan dilampirkan proposal skripsi beserta persyaratan skripsi sesuai form S-1
2. Keterangan : *) coret yang tidak perlu
 **) dilingkari a, b, c, atau g. sesuai bidang keahlian



Lampiran : 1 (satu) berkas

Pembimbing Skripsi

Kepada : Yth. Bapak Ir. Yusuf Ismail nokhoda, MT.

Dosen Institut Teknologi Nasional

MALANG

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Moch. Syaifullah

Nim : 02.12.068

Jurusan : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak bersedia menjadi Dosen Pembimbing Utama / Pendamping dari 1 atau 2 dosen pembimbing *), untuk penyusunan Skripsi dengan judul (proposal terlampir) :

"OPTIMASI PROBLEM PEMBANGKITAN EKONOMIS MENGGUNAKAN METODE LINIER PROGRAMMING DENGAN SIMULASI MATLAB 7.0 PADA SISTEM TENAGA LISTRIK PT. PEMBANGKITAN JAWA BALI "

Adapun tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk menempuh Ujian Akhir Sarjana Teknik.

Demikian permohonan kami dan atas kesediaan Bapak kami ucapkan terima kasih.

Ketua

Jurusan Teknik Elektro S-1

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT

Nip. 103 950 0274

Malang, 31 juli 2006

Hormat kami,

**Moch Syaifullah
NIM 02.12.068**



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
MALANG

PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa :

Nama : Moch Syaifullah
Nim : 02.12.068
Semester : VIII (delapan)
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini Menyatakan bersedia Membimbing Skripsi dari mahasiswa tersebut, dengan judul :

" OPTIMASI PROBLEM PEMBANGKITAN EKONOMIS MENGGUNAKAN METODE LINIER PROGRAMMING DENGAN SIMULASI MATLAB 7.0 PADA SISTEM TENAGA LISTRIK PT. PEMBANGKITAN JAWA BALI "

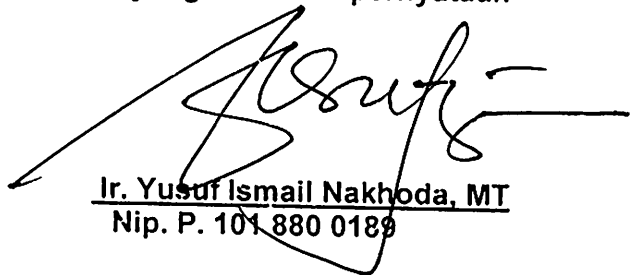
Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dipergunakan seperlunya.

Catatan :

Setelah disetujui agar formulir ini
Diserahkan mahasiswa yang bersangkutan
Kepada jurusan untuk diproses lebih lanjut

Malang, 31 juli 2006

Kami yang Membuat pernyataan



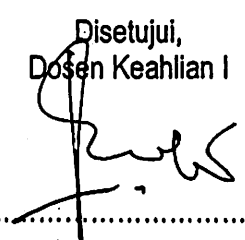
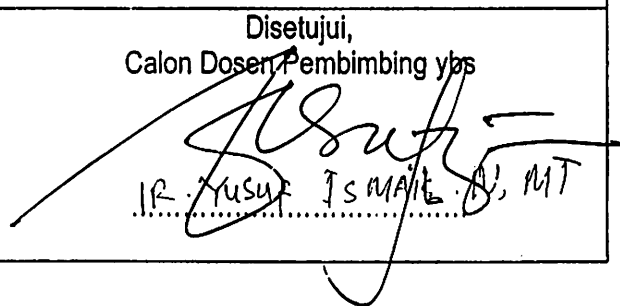
Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
Nip. P. 101 880 0189

Form S-3b



BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika*)

1.	Nama Mahasiswa: <u>MACH Syaifulh</u>	Nim: <u>0212068</u>		
2.	Keterangan	Tanggal	Waktu	Tempat
	Pelaksanaan	<u>04</u>	<u>09.00</u>	Ruang: <u>Seminar</u>
Spesifikasi Judul (berilah tanda silang**)				
3.	<input checked="" type="checkbox"/> a. Sistem Tenaga Elektrik		e. Elektronika & Komponen	
	b. Energi & Konversi Energi		f. Elektronika Digital & Komputer	
	c. Tegangan Tinggi & Pengukuran		g. Elektronika Komunikasi	
	d. Sistem Kendali Industri		h. lainnya	
4.	Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa	<u>Optimasi Problem Pembangkitan Ekonomis Menggunakan Metode Linear Programming Dengan Emulasi Matlab 7.0 Pada Sistem Tenaga Listrik PT. Pembangkitan Jawa - Bali</u>		
5.	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian		
6.	Catatan:			
7.	Catatan:			
	Persetujuan Judul Skripsi			
	Disetujui, Dosen Keahlian I		Disetujui, Dosen Keahlian II	
	 Mengetahui, Ketua Jurusan. <u>Ir. F. Yudi Limpraptono, MT</u> NIP. P. 1039500274		 Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs <u>IR. YUSUF ISMAIL, MT</u>	

Perhatian:

1. Keterangan: *) Coret yang tidak perlu

**) dilingkari a, b, c,atau g sesuai bidang keahlian



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

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

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

ERSERO) MALANG
 IAGA MALANG

Malang 5 Agt. 2006

Nomor : ITN-1638/I.TA/2/06
 Lampiran :
 Perihal : Bimbingan Skripsi

Kepada : Yth. Sdr. Ir. YUSUF ISMAIL NAKHODA, MT

Dosen Pembimbing
 Jurusan Teknik Elektro S-1
 di
 Malang

Dengan hormat,
 Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam proposal skripsi
 untuk mahasiswa:

Nama : MOCH. SYAIFULLAH
 Nim : 0212068
 Fakultas : Teknologi Industri
 Jurusan : Teknik Elektro S-1
 Konsentrasi : Teknik Energi listrik

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

06 Agt. 2006 s/d 06 Feb. 2007

Sebagai satu syarat untuk menempuh Ujian Sarjana Teknik,
 Jurusan Teknik Elektro
 Demikian atas perhatian serta kerjasamanya yang baik kami ucapkan
 terima kasih



Ketua Jurusan
 Teknik Elektro S-1

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

Form S-4a



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

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

(PERSERO) MALANG
SIK NIAGA MALANG

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

Nomor : ITN-063/I.SKP/2/07
Lampiran : Satu Lembar
Perihal : **Bimbingan Skripsi**

Malang, 12 Februari 2007

Kepada : Yth. Sdr. Ir. **YUSUF ISMAIL NAKHODA, MT***
Dosen Institut Teknologi Nasional Malang
Di - Malang

Dengan hormat
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam perpanjangan masa bimbingan Skripsi yang telah dilakukan untuk Mahasiswa

Nama : MOCH. SYAIFULLAH
Nim : 0212068
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik S-1

Dengan ini pembimbingan Skripsi tersebut kami serahkan kembali sepenuhnya kepada Saudara/I, selama waktu **6 (Enam) bulan** terhitung mulai tanggal:

04 Februari 2007 s/d 04 Agustus 2007

Adapun tugas tersebut merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, Jurusan Teknik Elektro, apabila lewat dari batas waktu tsb, maka Skripsinya di gugurkan demikian atas perhatian serta kerjasama yang baik kami ucapkan terima kasih



Dua Jurusan
Teknik Elektro S-1

Ir. F. Yudi Limraptono, MT *804*
NIP. Y. 1039500274

Tembusan Kepada Yth:

1. Perpanjangan kontrak *)
2. Mahasiswa Yang Bersangkutan
3. Arsip

Form S-4a



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Moch. Syaifullah
Nim : 02.12.068
Masa Bimbingan : 4 Agustus 2006 s/d 4 Agustus 2007
Judul Skripsi : Optimasi Problem *Economic Dispatch* Pada Unit Pembangkit Thermal Dengan Memperhitungkan Rugi-Rugi Saluran Transmisi Menggunakan Metode *Linear Programming* Pada Sistem Transmisi 500 kV Pembangkitan Jawa-Bali.

NO	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	10-08-06	Konsultasi Pengambilan Data Pembangkitan, Saluran Transmisi	
2.	04-10-06	Konsultasi Pengolahan Data	
3.	29-01-07	Revisi BAB I - Perumusan Masalah - Batasan Masalah	
4.	02-02-07	Revisi Struktur isi BAB I, BAB II, BAB III	
5.	03-02-07	Revisi BAB IV Masalah Hasil Program	
6.	19-02-07	Revisi Biaya <i>Incremental</i> Pembangkit	
7.	24-02-07	Revisi Struktur Penulisan	
8.	05-03-07	ACC BAB I, BAB II, BAB III, BAB IV Revisi BAB IV	
9.	07-03-07	ACC BAB V Revisi Makalah Seminar	
10.	08-03-07	ACC Makalah Seminar	

Malang, 20 Maret 2007

Dosen Pembimbing

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP.Y. 101.880 0189

Form. S-4b

**PT PLN (PERSERO)
PENYALURAN DAN PUSAT PENGATUR BEBAN JAWA BALI
REGION JAWA TIMUR & BALI**

Alamat : Jl. Lingrat No. 45 Taman Sidoarjo 61257

Telp : (031) 7882113, 7882114

Fax : 4119 SBS

Facsimile : (031) 7882578, 7881024

E-mail : region4@pln-jawa-bali.co.id

Website : www.pln-jawa-bali.co.id

Referensi : 211 /330/RJTB/2006.
Sdr. No. : ITN-1955/III.TA/2/2006.
Jumlah : 1 (satu) lampiran.
Materi : Ijin Survey / Pengambilan Data.

04 SEP 2006

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Teknik.
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Di
M A L A N G

Menunjuk surat Saudara nomor : ITN-1955/III.TA/2/2006 tanggal 09 Agustus 2006 perihal : Survey/ Permintaan Data, dengan ini diberitahukan bahwa kami tidak keberatan untuk memberikan ijin kepada Mahasiswa Saudara, bernama :

Moch Syaifullah

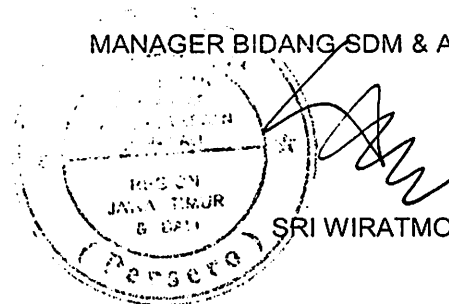
Nim : 02.12.068

Untuk melakukan Pengambilan Data pada PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali Bidang OPHAR, dengan persyaratan sebagai berikut :

1. Mahasiswa tersebut diatas supaya mengisi dan menanda tangani Surat Pernyataan 1 (satu) lembar bermeterai Rp. 6.000,-
2. Mahasiswa yang bersangkutan agar mematuhi peraturan/ketentuan yang berlaku di PT. PLN (PERSERO) sehingga faktor-faktor kerahasiaan harus benar-benar diutamakan.
3. Semua biaya perjalanan, penginapan, makan dan lain sebagainya tidak menjadi tanggungan PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali.
4. Buku Laporan Kerja Praktek Mahasiswa tersebut agar dikirimkan kepada PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali 1 (satu) buah.
5. Untuk informasi lebih lanjut dapat menghubungi PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali Cq. Bidang SDM & ADMINISTRASI.

Demikian harap maklum dan terima kasih atas perhatian saudara.

MANAGER BIDANG SDM & ADMINISTRASI,



Tembusan Yth. :

1. M.SDMO PLN P3B.

PT PLN (PERSERO)

PENYALURAN DAN PUSAT PENGATUR BEBAN JAWA BALI

16514 - Jakarta Selatan

Telepon : (021) 7542640, 7543566

Faksimile : (021) 7542516

Alamat Pos : 159 CNR

Website : <http://www.pln-jawa-bali.co.id>

Email : plnp3b@pln-jawa-bali.co.id

Nomor : 1363/041/P3B/2006
Surat Sdr :
Tempor :
Uraian :
Kategori : Segera
Perihal : Survey.

07 Desember 2006

KEPADA :

INSITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Kampus II, Jalan Raya Karanglo, Km 2
MALANG.

u.p. Yth. Dekan Fakultas Teknologi Industri.

Merijawab Surat Saudara Nomor ITN-487/III.TA-2/2/06 tanggal 25 Nopember 2006 perihal pelaksanaan survey untuk mendapatkan data mahasiswa Jurusan Teknik Eiektro , atas nama :

- **Moch. Syaifullah - NIM : 01.12.068**

Dengan ini diinformasikan bahwa kami tidak keberatan menerima mahasiswa tersebut diatas, untuk melakukan survey di PT PLN (Persero) Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban Jawa Bali.

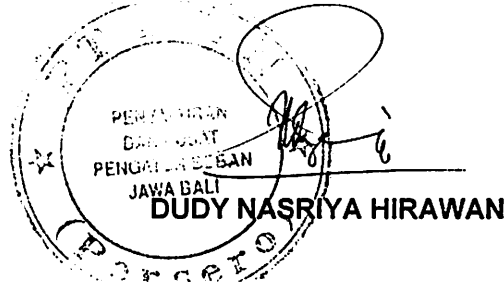
Berdasarkan Judul skripsi " **Optimasi Problem Pembangkitan Ekonomis Menggunakan Metode Linier Programming Dengan Simulasi Matlab 7.0.4. Pada Sistem Jaringan Transmisi 500 kV Pembangkitan Jawa Bali** " maka survey dimaksud akan kami tempatkan di Bidang Perencanaan.

Untuk teknis pelaksanaannya, agar mahasiswa yang bersangkutan menghadap Manager Bidang Perencanaan – Cq. Ahli Perencanaan Pembangkitan.

Selama kegiatan survey, mahasiswa tersebut diwajibkan untuk mematuhi semua peraturan dan tata tertib yang berlaku di PT PLN (Persero) P3B Jawa Bali.

Demikian disampaikan ,atas perhatiannya diucapkan terima kasih.

MANAGER BIDANG SDM & ORGANISASI



Has PekaEl



PT PLN (PERSERO)
PENYALURAN DAN PUSAT PENGATUR BEBAN JAWA BALI
REGION JAWA TIMUR & BALI

an Suningrat No. 45 Taman Sidoarjo 61257

pon : (031) 7882113, 7882114

ak Pos : 4119 SBS

Facsimile : (031) 7882578, 7881024

E-mail : region4@pln-jawa-bali.co.id

Website : www.pln-jawa-bali.co.id

omor : 211 /330/RJTb/2006.
urat Sdr. No. : ITN-1955/III.TA/2/2006.
ampiran : 1 (satu) lampiran.
erihal : Ijin Survey / Pengambilan Data.

04 SEP 2006

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Teknik.
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Di
MALANG

Menunjuk surat Saudara nomor : ITN-1955/III.TA/2/2006 tanggal 09 Agustus 2006 perihal : Survey/ Permintaan Data, dengan ini diberitahukan bahwa kami tidak keberatan untuk memberikan ijin kepada Mahasiswa Saudara, bernama :

Moch Syaifullah

Nim : 02.12.068

Untuk melakukan Pengambilan Data pada PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali Bidang OPHAR, dengan persyaratan sebagai berikut :

1. Mahasiswa tersebut diatas supaya mengisi dan menanda tangani Surat Pernyataan 1 (satu) lembar bermeterai Rp. 6.000,-
2. Mahasiswa yang bersangkutan agar mematuhi peraturan/ketentuan yang berlaku di PT. PLN (PERSERO) sehingga faktor-faktor kerahasiaan harus benar-benar diutamakan.
3. Semua biaya perjalanan, penginapan, makan dan lain sebagainya tidak menjadi tanggungan PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali.
4. Buku Laporan Kerja Praktek Mahasiswa tersebut agar dikirimkan kepada PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali 1 (satu) buah.
5. Untuk informasi lebih lanjut dapat menghubungi PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali Cq. Bidang SDM & ADMINISTRASI.

Demikian harap maklum dan terima kasih atas perhatian saudara.

MANAGER BIDANG SDM & ADMINISTRASI.

SRI WIRATMO

Tembusan Yth. :

1. M.SDMO PLN.P3B.
2. MOPHAR PLN P3B RJTB.
3. AsMan Operasi PLN P3B RJTB
4. Sdr. Moch. syaifullah

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya :

Nama : MOCH Syarifullah
Pria/Wanita : Pria
Tempat / Tanggal lahir : Probolingga 27-01-84
Alamat / No. telepon : Jl Raya Besuk Probo lingga
Pekerjaan : Mahasiswa

Dengan ini saya menerangkan bahwa :

1. Saya bersedia dan setuju menanggung semua akibat yang ditimbulkan karena kesalahan maupun kelalaian saya dan semua akibat lainnya yang terjadi pada instalasi peralatan milik PLN selama melakukan Training/ Praktek Kerja/ Riset pada PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali, yang telah mendapat ijin dari PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali ;
2. Saya atas peringatan pertama akan membayar sepenuhnya, semua biaya yang langsung menimbulkan kerugian atau kecelakaan , karena kelalaian saya ;
3. Saya akan segera mematuhi semua petunjuk –petunjuk yang diberikan oleh Petugas PT PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali ;
4. Saya sanggup tidak membocorkan hal – hal yang bersifat rahasia perusahaan PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali dan bahan yang saya peroleh dalam Training/ Praktek Kerja/ Riset, dan tidak saya pergunakan untuk hal – hal yang dapat merugikan PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali
5. Saya sanggup menanggung sendiri segala sesuatu untuk keperluan Training/ Praktek Kerja/ Riset termasuk biaya perjalanan , penginapan makan dan sebagainya ;
6. Saya sanggup menyerahkan 1 (satu) buah bu'u laporan Training/ Praktek Kerja/ Riset kepada PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali, setelah saya presentasikan kepada Manager Bidang SDMAD PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali mengenai tugas Training/ Praktek Kerja/ Riset.
7. Saya tunduk dan akan mentaati semua peraturan yang berlaku di PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali, dan saya sanggup tidak meninggalkan tugas kedinasan selama Training/ Praktek Kerja/ Riset.

Surabaya,
Yang membuat pernyataan



MOCH Syarifullah

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

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

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

Nomor : ITN- 487 /III.TA-2/2/06
Lampiran : -
Perihal : Survey

Malang, 25 Nopember 2006

Kepada : Yth. Pimpinan
PT. PLN (Persero) P3B Jawa Bali (Pusat)
Jl. Krukut Limo Cinere 16514 Jakarta - Selatan Indonesia
Di -- Jakarta

Bersama ini dengan hormat kami mohon kebijaksanaan Saudara agar Mahasiswa kami dari Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro S-1 Konsentrasi Teknik Energi Listrik dapat diijinkan untuk melaksanakan survey pada perusahaan yang saudara pimpin untuk mendapatkan data – data guna penyusunan Skripsi dengan Judul : **Optimasi Problem Pembangkitan Ekonomis Menggunakan Metode Linier Programming Dengan Simulasi Matlab 7.0.4 Pada Sistem Jaringan Transmisi 500 KV Pembangkitan Jawa Bali**

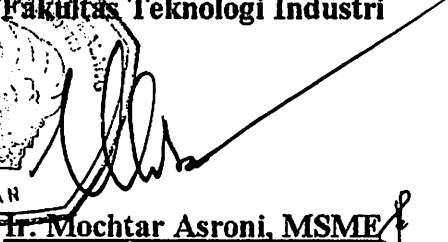
Mahasiswa tersebut Adalah :

Moch Syaifullah Nim. 01.12.068

Adapun lamanya Survey adalah : 4 - 8 Desember 2006

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami ucapkan terima kasih.

DEKAN
Fakultas Teknologi Industri



Ir. Mochtar Asroni, MSME
Nip. Y.1018100036



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

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

ERSERO) MALANG
VIAGA MALANG

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

Nomor : ITN- 486 /III.TA-2/2/06
Lampiran : -
Perihal : Survey

Malang, 25 Nopember 2006

Kepada : Yth. Sekretaris Perusahaan Menejer Senior Personalia
PT. INDONESIA POWER
Jl. Jend Gatot Subroto Kav. 18 Jakarta 12950 Indonesia
Di - Jakarta

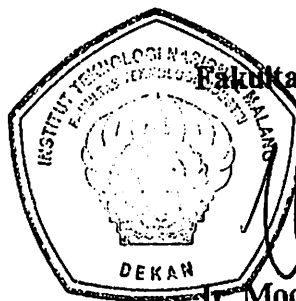
Bersama ini dengan hormat kami mohon kebijaksanaan Saudara agar Mahasiswa kami dari Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro S-1 Konsentrasi Teknik Energi Listrik dapat diijinkan untuk melaksanakan survey pada perusahaan yang saudara pimpin untuk mendapatkan data - data guna penyusunan Skripsi dengan Judul : **Optimasi Problem Pembangkitan Ekonomis Menggunakan Metode Linier Programming Dengan Simulasi Matlab 7.0.4 Pada Sistem Jaringan Transmisi 500 KV Pembangkitan Jawa Bali**

Mahasiswa tersebut Adalah :

Moch Syaifullah Nim. 02.12.068

Adapun lamanya Survey adalah : 6 - 13 Desember 2006

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami ucapkan terima kasih.



DEKAN
Fakultas Teknologi Industri

Ir. Mochtar Asroni, MSME

Nip. Y.1018100036



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

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

ERSERO) MALANG
VIAGA MALANG

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

Nomor : ITN- 1959 /III.TA/2/06
Lampiran : -
Perihal : Survey

Malang, 10 Agustus 2006

Kepada : Yth. Pimpinan
PT. PJB (Pembangkitan Jawa Bali)
Jl. Ketintang No. 11
Di - Surabaya

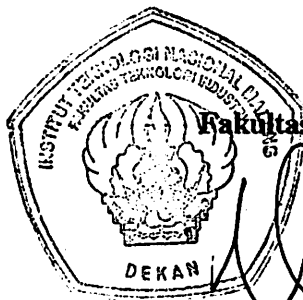
Bersama ini dengan hormat kami mohon kebijaksanaan Saudara agar Mahasiswa kami dari Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro S-1 Konsentrasi Teknik Energi Listrik dapat diijinkan untuk melaksanakan survey pada perusahaan yang saudara pimpin untuk mendapatkan data - data guna penyusunan Skripsi dengan Judul : Optimasi Problem Pembangkitan Ekonomis Menggunakan Metode Linier Programming Dengan Simulasi Matlab 7.0 Pada Sistem Tenaga Listrik PT. PJB

Mahasiswa tersebut Adalah :

Moch Syaifullah Nim. 02.12.068

Adapun lamanya Survey adalah : 7 Hari

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami ucapkan terima kasih.



DEKAN
Fakultas Teknologi Industri

Ir. Mochtar Asroni, MSME
Nip. Y.1018100036



LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الله

*"Bacalah dengan BISMILLAH, itulah permulaan ilmu
Seperti yang diwahyukan, menuntut ilmu satu kewajiban
Sabda Rasul junjungan ♥ Carilah Ilmu Pengetahuan
Dari Dalam Buaian Hingga Hari Kematian ♥*

*Ilmu menjadi penunjuk jalan dengan ilmu dapat kemuliaan
Ilmu memajukan kehidupan, ilmu yang baik dapat keberkatan
Dimulakan dengan BISMILLAH Disudahi dengan ALHAMDULILLAH
Begitulah sehari dalam hidup, Semoga diberkahi ALLAH"*

*Puja, puji dan syukur hambamu ucapkan ya ALLAH atas segala rahmat,
nikmat dan karunia-MU yang telah KAU berikan. Tak lupa pula syukur ini
kupersembahkan kepada junjunganku Nabi Muhammad
yang telah memberikan seluruh Hidayahnya kepadaku.*

*"Alhamdulillah" kata pertama yang hanya bisa terucapkan, semua takkan
seperti sekarang ini tanpa restu dariMU ya ALLAH, semua takkan sampai
di hari ini tanpaMU ya ALLAH, aku takkan seperti ini tanpa tuntunan
dariMU ya ALLAH*



Bapak 'n Ibu

yang selalu menyayangku sepenuh hati

Memberi 'n memenuhi pinta dan mauku

Dalam hidup ini.....

hanya yang terbaik.....

selalu ingin kuberikan

Sebagaimana kalian telah berikan Semua yang terbaik untukku

.....Dan sekarang sudah kubuktikan.....

satu dari semua yang akan kuberikan

sebagai bukti baktiku sebagai seorang anak.....

Tanpa dukungan dari kalian aku takkan bisa sampai pada hari ini

TERIMA KASIH

'n.....**I LOVE YOU** so much.....

Kamal, Andre, Teman lab. kendali industri, teman UKM LDI ITN

Malang tempat saya menimba keimanan, temen kuliah lainnya, n'

saudara-saudaraku di probolinggo

Tiada kata dapat tertulis dilembar ini selain "**TERIMA KASIH**" atas

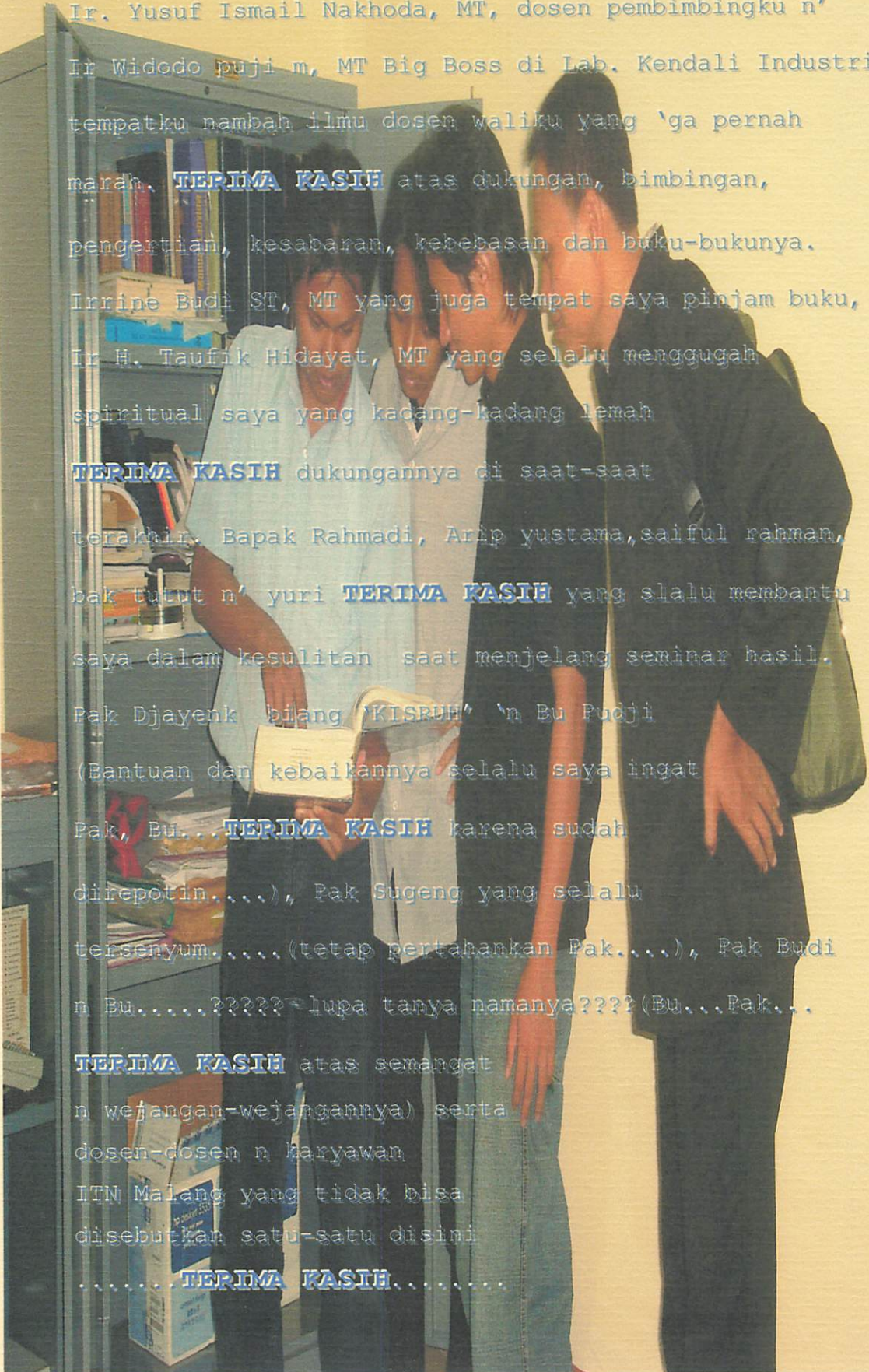
dukungan yang kalian berikan. berbagi lawa ☺, fangis ☺, rahasia

☺ bersama.....Semua hari-hari bersama kalian akan selalu kuingat

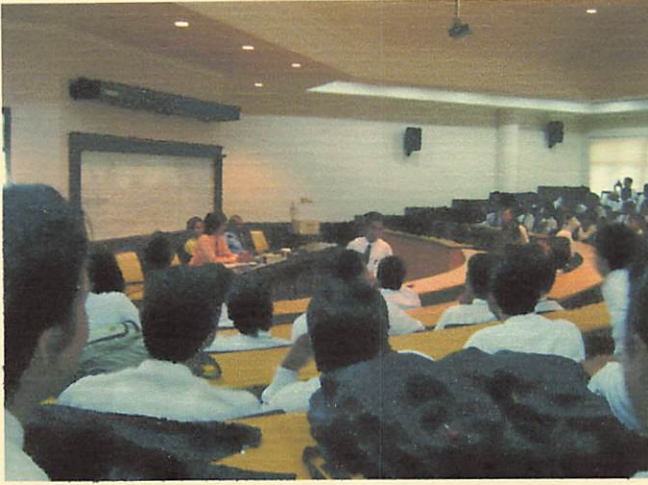
Hanya kalian yang bisa.....

membuatku sepenuhnya menjadi lebih berarti





Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT, dosen pembimbingku n'
Ir Widodo puji m, MT Big Boss di Lab. Kendali Industri
tempatku nambah ilmu dosen waliku yang 'ga pernah
marah. **TERIMA KASIH** atas dukungan, bimbingan,
pengertian, kesabaran, kebebasan dan buku-bukunya.
Irrine Budi ST, MT yang juga tempat saya pinjam buku,
Ir H. Taufik Hidayat, MT yang selalu menggugah
spiritual saya yang kadang-kadang lemah
TERIMA KASIH dukungannya di saat-saat
terakhir. Bapak Rahmadi, Arip yustama, saiful rahman,
bak tutut n' yuri **TERIMA KASIH** yang slalu membantu
saya dalam kesulitan saat menjelang seminar hasil.
Pak Djayenk bilang 'KISRUH' n Bu Pudji
(Bantuan dan kebaikannya selalu saya ingat
Pak, Bu... **TERIMA KASIH** karena sudah
direpotin....), Pak Sugeng yang selalu
tersenyum.... (tetap pertahankan Pak....), Pak Budi
n Bu.....????? lupa tanya namanya???? (Bu...Pak...
TERIMA KASIH atas semangat
n wejangan-wejangannya) serta
dosen-dosen n karyawan
ITN Malang yang tidak bisa
disebutkan satu-satu disini
..... **TERIMA KASIH**



Tanpa teman-teman yang setia akan persahabatan sudah sampai
menyelesaikan pendidikan sampai di situ. Tanpa belajar bersama
teman-teman yang setia akan persahabatan sudah bisa belajar bareng
sahabat-teman teman



kita lepaskan rasa syukur kita tapi
 jangan lupa teman-teman. persahabatan ini adalah bukti
 kita tidak akan pernah melupakan teman satu samalain
 meskipun nantinya jarak yang akan memisahkan kita mari
 kita tingkatkan potensi kita untuk terus berjuang demi
 masa depan yang lebih baik. Sehingga cita-cita kita
 akan terwujud untuk menggapai kepada negara dan beramal
 soAlah.

Semoga allah subhanalla taala dapat
 mengabdikan Do'a Do'a kita bersama selamat
 berjuang.

semoga berhasil

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

MALANG

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Dilahirkan dengan nama Moch. Syaifullah, pada tanggal 27 Januari 1984 di kota Probolinggo Dari pasangan Bapak Abdul Kholik dan Rofi'a. merupakan anak pertama dari dua bersaudara.

Pendidikan dasar sampai tingkat atas ditempuh di kota Probolinggo dan kota Malang. Berikut adalah riwayat pendidikan yang telah

ditempuh :

1. SDN Besuk Agung II Probolinggo 1990-1996
2. SLTPN 1 Besuk Probolinggo 1996-1999
3. SMK A. YANI Probolinggo 1999-2002
4. Tehnik Elektro ITN Malang (Sarjana) 2002-2007